



## **Trabajo de Fin de Grado**

**“Huella ecológica de las actividades económicas”**

**Autor: Jose Fernando Duque Ramírez**

**Tutor: Julián Pérez García**

**Curso académico 2019/2020**

**Mayo 2020**

**Grado en Administración y dirección de empresa**



## Índice de contenido

I.	Introducción .....	1
II.	Situación actual .....	4
	Evolución de las emisiones.....	5
	Comparativa internacional .....	8
	Comparativa internacional por sectores.....	11
III.	Metodología.....	14
	Análisis <i>input-output</i> .....	15
	Evolución histórica.....	15
	Definición del modelo de Leontief.....	17
	Análisis del Ciclo de Vida.....	20
	Evolución histórica.....	20
	Definición del Análisis del Ciclo de Vida .....	22
	Comparativa de metodologías.....	26
IV.	Análisis cuantitativo.....	28
	Análisis de coeficientes.....	28
	Total de Gases de Efecto Invernadero (T.G.E.I) .....	31
	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	35
	Monóxido de carbono (CO).....	38
	Metano (CH <sub>4</sub> ).....	41
	Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) .....	44
	Compuestos hidrogenofluorcarbonados (HFC) .....	47
	Compuestos polifluorcarbonados (PFC) .....	51
	Hexafluoruro de azufre (SF <sub>6</sub> ).....	53
	Proyecciones. ....	55
	Total de Gases de Efecto Invernadero (T.G.E.I) .....	59
	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ).....	66
	Metano (CH <sub>4</sub> ).....	69
	Óxido nitroso (N <sub>2</sub> O) .....	71
	Compuestos hidrogenofluorcarbonados (HFC) .....	73
	Compuestos polifluorcarbonados (PFC) .....	76

Hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ) .....	78
V. Resumen y conclusiones .....	78
VI. Bibliografía.....	81
VII. Anexo.....	90

## Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Coeficientes técnicos .....	17
Ecuación 2. Demanda intermedia.....	18
Ecuación 3. Total de empleos.....	18
Ecuación 4. Total de empleos.....	18
Ecuación 5. Total de recursos .....	18
Ecuación 6. Igualdad entre el total empleos y el total recursos .....	18
Ecuación 7. Notación matricial del modelo .....	19
Ecuación 8. Modelo de Leontief.....	19
Ecuación 9. Notación matricial del modelo interior .....	19
Ecuación 10. Modelo de Leontief interior .....	19
Ecuación 11. Coeficientes directos de emisión .....	19
Ecuación 12. Coeficiente total de emisión .....	29
Ecuación 13. Coeficientes indirectos de emisión.....	29
Ecuación 14. Regresión lineal de coeficientes directos .....	30
Ecuación 15. Regresión cuadrática de coeficientes de emisión .....	55
Ecuación 16. Regresión constante de coeficientes de emisión .....	56
Ecuación 17. Regresión estocástica de coeficientes de emisión.....	56
Ecuación 18. Regresión logarítmica de coeficientes de emisión .....	57
Ecuación 19. Regresión en base a la probabilidad del Odds ratio de coeficientes de emisión .....	57

## Índice de gráficos

Gráfico 1. Emisiones de G.E.I. Toneladas. (2008-2018).....	6
Gráfico 2. Emisión relativa de G.E.I. (2008-2018) .....	7
Gráfico 3. Emisiones de G.E.I. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalentes por millón de € de PIB. (2018) .....	9
Gráfico 4. Emisiones de G.E.I. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalentes por hogar. (2018) .....	10
Gráfico 5. Coeficientes de emisiones de G.E.I. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalentes por millón de € de producción. (2015).....	13
Gráfico 6. Marco de Análisis del Ciclo de Vida. ....	22
Gráfico 7. Etapas del ciclo de vida. ....	22
Gráfico 8. Impacto total de T.G.E.I. en un conjunto de sectores. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente por millón de euros. ....	32
Gráfico 9. Emisiones directas de T.G.E.I en sectores eficientes. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	34
Gráfico 10. Emisiones directas de T.G.E.I en sectores ineficientes. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	35
Gráfico 11. Impacto total de CO <sub>2</sub> en un conjunto de sectores. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente por millón de euros. ....	36
Gráfico 12. Emisiones directas de CO <sub>2</sub> en sectores eficientes. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente.....	37
Gráfico 13. Emisiones directas de CO <sub>2</sub> en sectores ineficientes. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	38
Gráfico 14. Impacto total de CO en un conjunto de sectores. Tonelada por millón de euros. ....	39
Gráfico 15. Emisiones directas de CO en sectores eficientes. Tonelada.....	40
Gráfico 16. Emisiones directas de CO en sectores ineficientes. Tonelada.....	41
Gráfico 17. Impacto total de CH <sub>4</sub> en un conjunto de sectores. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente por millón de euros. ....	42
Gráfico 18. Emisiones directas de CH <sub>4</sub> en sectores eficientes. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	43
Gráfico 19. Emisiones directas de CH <sub>4</sub> en sectores ineficientes. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	44
Gráfico 20. Impacto total de N <sub>2</sub> O en un conjunto de sectores. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente por millón de euros. ....	45
Gráfico 21. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O en sectores eficientes. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente.....	46
Gráfico 22. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O en sectores ineficientes. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	47
Gráfico 23. Impacto total de HFC en un conjunto de sectores. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente por millón de euros. ....	48
Gráfico 24. Emisiones directas de HFC en sectores eficientes. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	49

Gráfico 25. Emisiones directas de HFC en sectores ineficientes. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente .....	50
Gráfico 26. Impacto total de PFC en un conjunto de sectores. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente por millón de euros. ....	51
Gráfico 27. Emisiones directas de HFC en sectores ineficientes. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	52
Gráfico 28. Impacto total de SF <sub>6</sub> en un conjunto de sectores. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente por millón de euros. ....	53
Gráfico 30. Tendencia cuadrática.....	55
Gráfico 31. Tendencia constante.....	56
Gráfico 32. Tendencia estocástica .....	56
Gráfico 33. Tendencia logarítmica.....	57
Gráfico 34. Tendencia en base a la probabilidad del Odds ratio .....	57
Gráfico 35. Total de emisiones de G.E.I. Millones de toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente. 2030.....	59
Gráfico 36. Contribución de Gases de Efecto Invernadero al total .....	60

## Índice de gráficos del Anexo

Gráfico 1 del Anexo. Curva de Keeling. Earth System Research laboratory. Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos.....	90
Gráfico 2 del Anexo. Emisiones directas de T.G.E.I en sectores sin tendencia. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	90
Gráfico 3 del Anexo. Emisiones directas de CO <sub>2</sub> en sectores sin tendencia. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	91
Gráfico 4 del Anexo. Emisiones directas de CO en sectores sin tendencia. Tonelada. ....	92
Gráfico 5 del Anexo. Emisiones directas de CH <sub>4</sub> en sectores sin tendencia. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	92
Gráfico 6 del Anexo. Emisiones directas de N <sub>2</sub> O en sectores sin tendencia. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	93
Gráfico 7 del Anexo. Emisiones directas de HFC en sectores sin tendencia. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	94
Gráfico 8 del Anexo. Emisiones directas de PFC en sectores sin tendencia. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente. ....	94
Gráfico 9 del Anexo. Emisiones directas de SF <sub>6</sub> en sectores sin tendencia. Tonelada de CO <sub>2</sub> equivalente.....	94

## Índice de tablas

Tabla 1. Estructura tablas input-output.....	17
Tabla 2. Clasificación de parámetros .....	30
Tabla 3. Escenarios de los sectores.....	58
Tabla 4. Aumento de las emisiones totales derivado de actividades altamente contaminantes. ....	61
Tabla 5. Aumento de las emisiones totales derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva. .....	63
Tabla 6. Reducción de las emisiones totales derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva. ....	64
Tabla 7. Aumento de las emisiones de CO <sub>2</sub> derivado de actividades altamente contaminantes.....	66
Tabla 8. Aumento de las emisiones de CO <sub>2</sub> derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva .....	67
Tabla 9. Reducción de las emisiones de CO <sub>2</sub> derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva.....	68
Tabla 10. Aumento de las emisiones de CH <sub>4</sub> derivado actividades altamente contaminantes .....	69
Tabla 11. Aumento de las emisiones de CH <sub>4</sub> derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva.....	70
Tabla 12. Reducción de las emisiones de CH <sub>4</sub> derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva.....	70
Tabla 13. Aumento de las emisiones de N <sub>2</sub> O derivado actividades altamente contaminantes.....	71
Tabla 14. Aumento de las emisiones de N <sub>2</sub> O derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva.....	72
Tabla 15. Reducción de las emisiones de N <sub>2</sub> O derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva.....	73
Tabla 16. Aumento de las emisiones de HFC derivado actividades altamente contaminantes .....	74
Tabla 17. Aumento de las emisiones de HFC derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva.....	74
Tabla 18. Reducción de las emisiones de HFC derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva.....	75
Tabla 19. Aumento de las emisiones de PFC derivado de actividades altamente contaminantes. ....	77

Tabla 20. Aumento de las emisiones de PFC derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva..... 77

Tabla 21. Aumento de las emisiones de SF<sub>6</sub> derivado actividades altamente contaminantes ..... 78

## I. Introducción

En el presente Trabajo de Fin de Grado se propone el cálculo de la huella de carbono de los diferentes sectores económicos, a partir de una estimación utilizando tablas *input-output*, todo ello para determinar el impacto ambiental que generan los diferentes gases de efecto invernadero que más adelante se comentarán en las múltiples ramas productivas. En primer lugar se realizará una presentación de la actual situación ambiental en España, continuando con la situación a nivel general de los países de la Unión Europea estableciendo así, si, España se encuentra dentro de los países que necesitan un cambio en sus políticas ambientales o, por el contrario, es quien establece un desarrollo superior en este tipo de políticas con respecto a la Unión Europea; seguido de ello, se presentará el análisis metodológico considerado como la explicación de las herramientas que se utilizarán para el cálculo y, por último, la respectiva estimación utilizando las herramientas que se hayan comentado en el apartado de metodología con sus debidas conclusiones.

El motivo que ha impulsado la elaboración de este estudio ha sido la creciente advertencia de estar frente a una emergencia climática, es decir, la población se encuentra en una cuenta atrás en la que cada minuto puede ser irreversible, tal como se aprecia mediante fenómenos meteorológicos extremos, como son las tormentas y lluvias torrenciales, olas de calor, inundaciones, sequías y huracanes que son cada vez más frecuentes alrededor de todo el mundo; todo ello es ocasionado a partir de lo que entendemos como cambio climático, considerado como “la modificación del comportamiento climático observada durante periodos de tiempo comparables” (Naciones Unidas, 1992). Este cambio climático es generado tanto por causas naturales como humanas que pueden crear desequilibrios en las condiciones climáticas de la Tierra, algunas de las causas son los cambios en el efecto invernadero, variaciones en la energía solar que llega al planeta, modificaciones en la reflectividad de la atmósfera, también conocido como Efecto Albedo, entre otras.

En el presente trabajo nos centraremos de ahora en adelante en los cambios en el efecto invernadero, este fenómeno, el cual se da de manera natural y es aquel que permite la vida tal y como la conocemos, es un proceso que resulta de la interacción entre la energía del sol y algunos gases que se encuentran en la atmósfera, los denominados Gases de Efecto Invernadero (G.E.I), esta interacción permite que el calor emitido por la energía del sol, no sea devuelto en su totalidad al espacio, conservando así, parte de este y logrando mantener temperaturas adecuadas para mantener la vida del planeta Tierra. (Gobierno de México, 2018)



Pero como consecuencia del aumento progresivo en la emisión de los Gases de Efecto Invernadero (G.E.I) generado a partir de la creciente quema de combustibles fósiles, considerado como uno de los principales responsables del efecto invernadero, concluido por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2014), tiene como punto de partida en la Revolución Industrial, donde el uso de determinados recursos y el comienzo de la industrialización fueron el desencadenante de la situación actual.

Este aumento en la emisión de G.E.I, ha conllevado a la par a un aumento en su concentración, en especial el dióxido de carbono, el cual ha sido plasmado mediante la Curva de Keeling; un gráfico construido por el Observatorio Mauna Loa en Hawái que muestra las variaciones en la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera desde marzo de 1958 (Véase gráfico uno del Anexo). En ella, se puede apreciar una tendencia claramente creciente. Cabe destacar que en 1980 se calculó una concentración de 338 partes por millón (ppm) en el aire, mientras que ahora, en 2020, existe una concentración de 413 partes por millón (ppm); un aumento de más del 20% en tan solo treinta años. Siguiendo este ritmo, se superaría una concentración de 450 partes por millón (ppm) lo que implicaría un aumento de las temperaturas de dos grados Celsius desembocando en factores como el deshielo, aumento del nivel del mar, sequías, entre otras (Mann, 2014).

A partir del *Protocolo de Kioto*, se exponen los denominados Gases de Efecto Invernadero (G.E.I) como responsables del cambio climático y precursores de un compromiso de reducción por parte de las industrias. A continuación, se enumerarán los compuestos que conforman los G.E.I junto con su respectiva contribución por contaminante a nivel mundial medida en el año 2017 (Parlamento Europeo, 2018):

- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), (81%).
- Metano (CH<sub>4</sub>), (11%).
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), (5%).
- Hidrofluorocarbonos (HFC), (2%).
- Perfluorocarbonos (PFC), (Menos de 0.2%).
- Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), (Menos de 0.2%).
- Trifluoruro de nitrógeno (NF<sub>3</sub>), (Menos de 0.2%).

Así, según la enumeración de estos gases, vemos como la mayor parte de la contribución está conformada por el dióxido de carbono, siendo un gas que se encuentra de manera natural en la atmósfera, pero el aumento de concentración, demostrado por el Observatorio Mauna Loa de Hawái, asocia la actividad humana como principal catalizador.

Su emisión procede de manera natural en la respiración de los seres vivos y de todo tipo de procesos de combustión: petróleo, carbón, madera o bien por las erupciones volcánicas. A nivel internacional, el *Protocolo de Kioto* define este gas como uno de los responsables del cambio climático, y a nivel nacional, según la *Ley de calidad del aire y protección de la atmósfera* establece el concepto de contaminación atmosférica como “La presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza” clasificando a este gas, junto con el resto enumerado de manera previa, como gases contaminantes (Ley 34/2007, de 16 de noviembre).

Una vez definido los conceptos básicos con los que se trabajará y valorando la relevancia del tema, donde destacamos la gran contribución del dióxido de carbono ante la problemática ambiental, se plantea este trabajo como la necesidad de un cambio, el cual pueda llevarse a cabo mediante una ruptura de tendencia y hábitos que se han ido llevando a lo largo de los años, bien sea mediante la formación de nuevos hábitos, partiendo en otra dirección, donde la educación ambiental y el entorno sostenible sea la prioridad para toda la sociedad, o bien con los objetivos planteados a continuación:

- Ampliar la comprensión de los procesos ambientales en conexión con la sociedad y la economía, donde se entienda que el medio ambiente es un capital natural, capaz de otorgarnos recursos naturales y materias primas, pero sin la necesidad de sobreexplotarlo, integrando conceptos como la sostenibilidad y la calidad que nos lleva a reducir el impacto de las acciones que acaecen sobre las generaciones futuras.
- Contribuir a la sensibilización y la toma de conciencia a nivel social de los problemas ambientales, en especial del calentamiento global, favoreciendo el fomento de valores a favor del medio ambiente, mediante una correcta información capaz de instaurar una actitud crítica y reflexiva frente al tema.
- Promover la difusión y discusión tanto de medidas, estudios, ideas como apoyos que se puedan llevar a cabo para la mejora de las condiciones ambientales mediante foros de discusión en planos locales y globales, que puedan dar una visión y acción más participativa por parte de la sociedad, siendo capaz de desarrollar un sentido de responsabilidad compartida hacia el medio ambiente.

## II. Situación actual

Desde que la comunidad científica comenzó a alertar sobre los riesgos del cambio climático hace más de treinta años, se han empezado a mantener reuniones internacionales clave; la *Primera Cumbre para la Tierra*, celebrada en Estocolmo (Suecia) del 5 al 16 de junio de 1972, fue el comienzo de una adopción de principios de conservación y mejora del medio humano, además de una serie de recomendaciones para la acción medioambiental incluida dentro de un plan de acción. A partir de esta primera cumbre, se han celebrado más, destacando el *Protocolo de Kioto* donde se establecieron obligaciones de reducción de emisiones para los países industrializados (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2014) y la *Cumbre de París*, donde se reconoce la necesidad de que las emisiones globales toquen techo lo antes posible y se plantea como objetivo que el incremento de la temperatura media global no supere los 2°C (UNFCCC, 2016).

En lo referente a la Unión Europea (UE), El Consejo Europeo acordó en octubre de 2014 un sistema de reparto de esfuerzos en la reducción de emisiones, estableciendo además de una serie de objetivos como alcanzar al menos ciertas cuotas de energías renovables y mejorar la eficiencia energética, una serie de límites de reducción para cada uno de los países. Para España, se estableció una reducción del 26% con respecto a sus emisiones en 2005, todo ello, con el objetivo de conseguir una reducción conjunta de la Unión Europea del 30%, límites en línea con lo pactado en los acuerdos internacionales (Comisión Europea, 2016; Reglamento (UE) 2018/842 Del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo).

Además se han presentado Directivas que han servido para consolidar un marco en línea con lo establecido en las Cumbres Climáticas. Cabe destacar, la *Directiva 2001/42/CE* en la que expone, a los estados miembros, la necesidad de optar por una serie de principios como “la conservación, protección y mejora del medio ambiente” (Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de julio).

A su vez, con la directiva expuesta en 2011, presenta la posibilidad a los estados miembros de establecer umbrales para la valoración de determinados proyectos destinados a la explotación de recursos, con el fin mantener la calidad de vida y optando por proteger la salud humana y las especies del ecosistema (Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre). En la misma línea, el Banco Europeo de Inversiones (BEI), mediante el *EU Green Deal for Cities*, procura profundizar su asociación para combatir con el cambio climático alineando sus objetivos frente a sectores que presentan una mayor responsabilidad frente a la emisión de G.E.I como son la vivienda, energía, transporte, tal como se expone en la *Cumbre de París* (Comisión Europea, 2019).

Por último, en el ámbito nacional, para regular los objetivos planteados por las cumbres climáticas, se han planteado varias medidas, entre ellas la formación de la *Ley de Cambio Climático y Transición Energética* que será un marco normativo e institucional que facilite y oriente la descarbonización de la economía española a 2050, tal y como establece la Unión Europea y el compromiso adquirido mediante la firma del *Acuerdo de París*; además, se añade el *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)*, otra medida tomada para la mejora de la eficiencia energética, la disminución de los gases de efecto invernadero y el fomento de energías renovables. Ambas forman parte de los pilares esenciales para garantizar un marco estratégico estable en España (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019).

A continuación, se procederá a comentar la evolución de las emisiones en los últimos diez años en España, diferenciando entre las ramas productivas y los hogares, seguido de una comparativa europea donde se apreciará la posición que tiene España frente al resto de países pertenecientes a la Unión Europea con respecto a las ramas productivas y con respecto a los hogares, ampliando la comparativa dividida por sectores, estableciendo diferentes gráficos que permitirá dar una fotografía de los sectores que emiten de más a menos G.E.I.

## **Evolución de las emisiones**

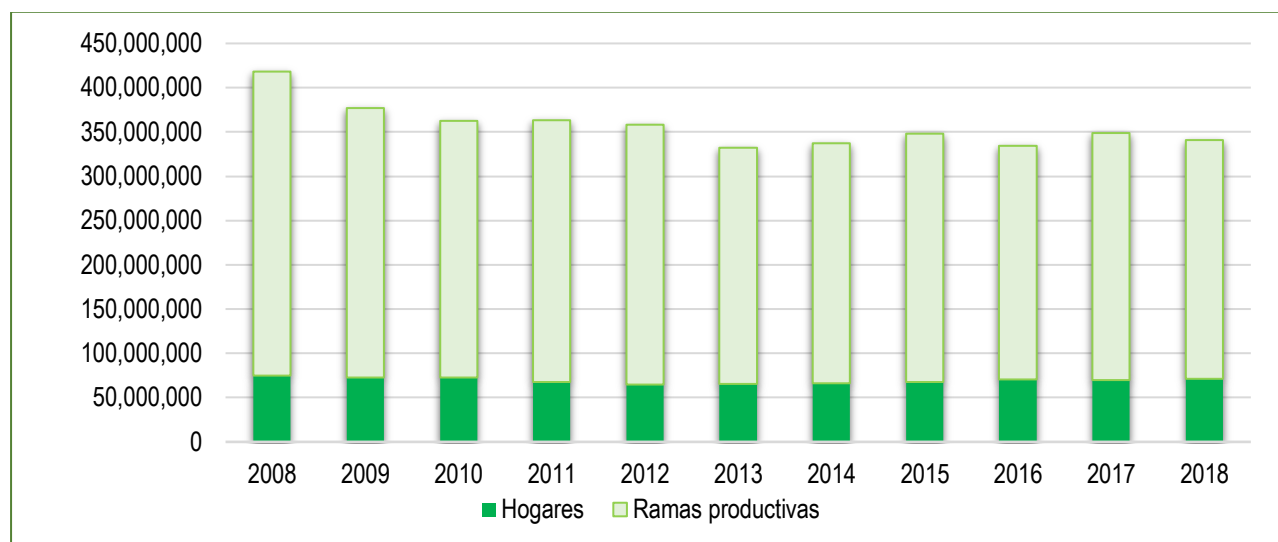
En España, los datos de las emisiones derivadas por la actividad productiva son recogidos a partir de la Contabilidad Medioambiental (CMA), más en concreto en las cuentas de emisiones a la atmósfera. El INE establece la Contabilidad Medioambiental (CMA) como “una operación estadística de síntesis cuyo objetivo general es la integración de la información medioambiental en el sistema central de Cuentas Nacionales, siguiendo la metodología del Sistema de Contabilidad Económica y Ambiental desarrollado por Naciones Unidas (SEEA), que constituye el marco conceptual de la CMA” (INE, 2019). Estas cuentas incorporan la información de emisiones de gases a la atmósfera, residuos, flujos físicos de energía, entre otras.

En nuestro caso, y como ya he avanzado antes, nos centraremos en las cuentas de emisiones a la atmósfera siguiendo la metodología recomendada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) y el Programa Europeo de Monitorización y Evaluación (EMEP), que nos permite extraer información de las emisiones en los sectores económicos y hogares siendo el punto fundamental de nuestro trabajo. Estas cuentas “recogen y presentan los datos sobre las emisiones contaminantes a la atmósfera, de manera compatible con el Sistema de Cuentas Nacionales, registrando los agentes emisores desagregados por ramas de actividad económica y sector hogares como consumidores finales” (INE, 2019).

El Instituto Nacional de Estadística aporta diez años de información de las diferentes sustancias contaminantes bajo el apartado que hemos comentado de manera previa, en el siguiente gráfico presentamos el total de G.E.I dividido por las ramas productivas y hogares. Se puede constatar cómo las emisiones totales han visto una reducción del 18% con respecto a 2008; en detalle, las ramas productivas han visto una reducción más importante que en el caso de los hogares, siendo de un 22% y de un 5% respectivamente.

Con respecto a la evolución que han ido llevando estas dos partidas, en el caso de las ramas productivas, se ha ido reduciendo a lo largo del periodo hasta el año 2016 donde toma su valor mínimo. Actualmente se sitúa en un 2% más con respecto a este, pero continua manteniendo una bajada paulatina con respecto al primer año disponible como ya se ha comentado de manera previa. Por otra parte, en el caso de los hogares su valor mínimo es mucho antes, en el año 2012 se genera un cambio de tendencia como consecuencia de un crecimiento relativo de la emisión de gases a lo largo de los años hasta situarse a 2018 con un 10% más que en su valor mínimo.

**Gráfico 1. Emisiones de G.E.I. Toneladas. (2008-2018)**



Fuente: Elaboración propia. Datos del INE.

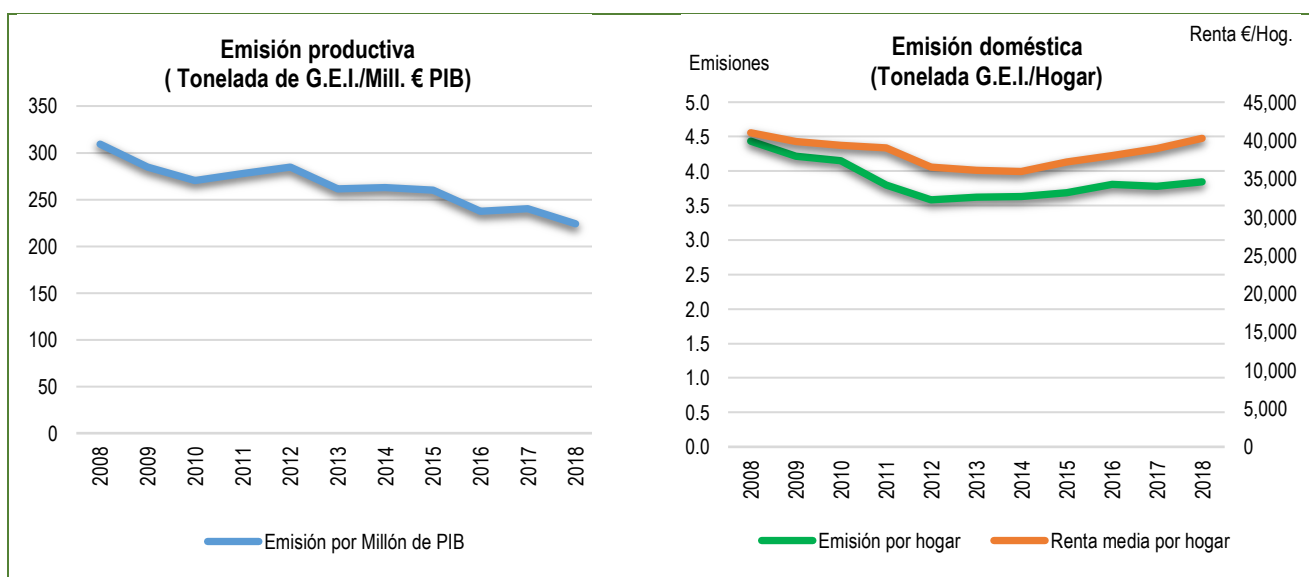
El descenso de las emisiones en las actividades económicas se puede atribuir a factores como son el aumento de la eficiencia en la maquinaria productiva como consecuencia de una continua innovación llevada a cabo por los diferentes sectores, añadiendo también a una reducción de quema de combustibles fósiles, por ejemplo en el caso de sectores como el energético, la utilización de fuentes renovables como la hidráulica y la producción eólica establecen más de la mitad de estructura de energías renovables según un informe

de Red Eléctrica de España. En España, este tipo de energías han acaparado un aumento del 19% de la producción en 2018 con respecto a su año anterior, dando como resultado una producción más limpia (Red Eléctrica de España, 2019).

Según el segundo gráfico vemos cómo a pesar de aumentos o disminuciones en el PIB español, han desembocado en una reducción de la propia emisión productiva, planteando el cómo la producción se ha visto modificada a lo largo de los años donde las técnicas, nuevos instrumentos, maquinarias o incluso una gestión más responsable por parte de las empresas ha conllevado a desempeños más eficientes a nivel ambiental, considerándolos más limpios que los fabricados hace diez años, permitiendo establecer una reducción media del 3% anual en las emisiones.

En el caso de las emisiones domésticas se ve que el componente de la renta juega un papel clave. En el 2012, cuando ya España se encontraba en la recta final de la crisis inmobiliaria de 2008, la tendencia negativa proyecta un cambio, es a partir de entonces cuando se produce un aumento de la renta disponible que desencadena un aumento en la emisión de G.E.I por hogar español. Un informe desarrollado por *Oxfam Intermón* expone que aquellos países que poseen una renta alta emiten al menos 40 veces más de CO<sub>2</sub> que aquellos menos desarrollados (Oxfam Intermón, 2019), justificando así, lo ocurrido con las emisiones españolas en los últimos diez años.

**Gráfico 2. Emisión relativa de G.E.I. (2008-2018)**



Fuente: Elaboración propia. Datos del INE.

## Comparativa internacional

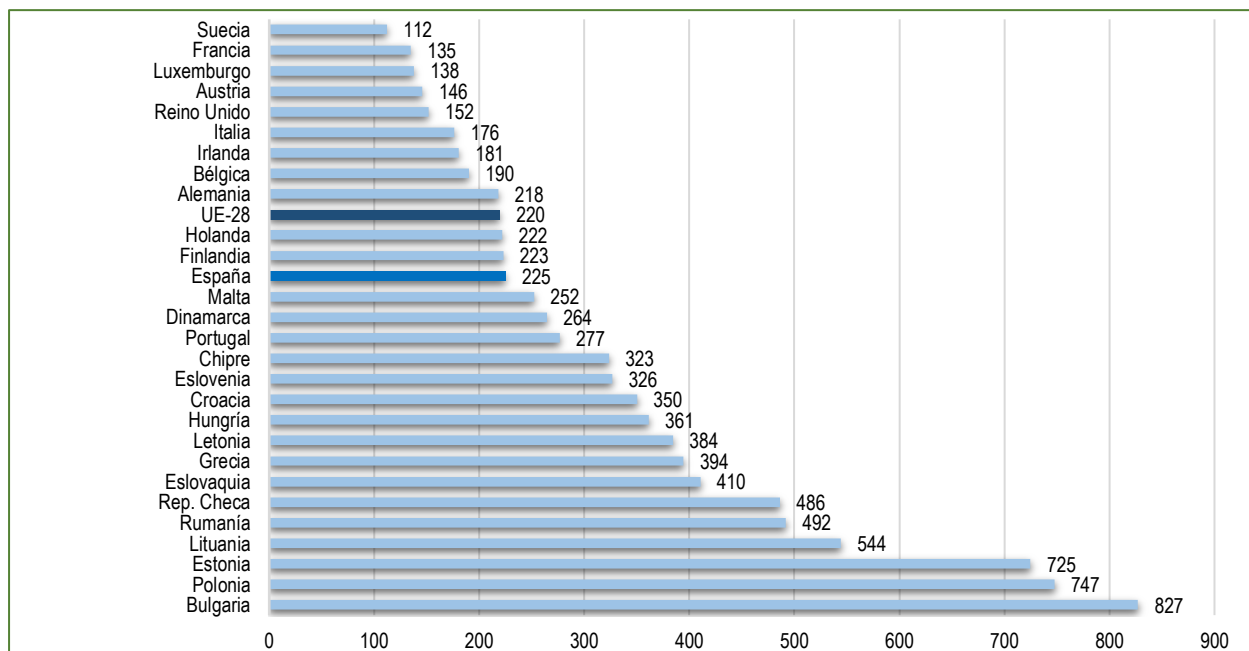
Una vez apreciada la imagen nacional y en consonancia con lo anterior, se procederá a dar una imagen a nivel internacional, más en concreto de los países integrantes de la Unión Europea (incluyendo Reino Unido) donde podremos apreciar el contraste de los diferentes países que lo componen. En este caso utilizaremos los datos de *air emissions accounts* aportados por EUROSTAT. Para facilitar la comparabilidad entre países se ha decidido relativizar esta variable, en primer lugar en relación con el PIB obteniendo el tercer gráfico y en segundo lugar en relación con el número de hogares presente en el cuarto gráfico.

Con los resultados obtenidos vemos cómo las diferencias son muy elevadas dentro de los propios países de la Unión Europea, donde las emisiones búlgaras equivalen al menos siete veces a las emisiones del país con menor nivel de emisiones de G.E.I por millón de euros de PIB, Suecia. Países como Francia, quien presenta el segundo coeficiente más bajo, puede comprobarse el nivel de integración sostenible con sus políticas, quienes dieron un primer paso en 2015 mediante la *Ley para la Transición Energética y el Crecimiento Verde* cambiando el modelo energético, optando por fuentes sostenibles y renovables, demostrando la posibilidad de una transición ecológica siendo de Europa la tercer economía con mayor PIB (France Diplomatie, 2014; Unión Española Fotovoltaica, 2017).

Por otra parte, países como Bulgaria y Polonia son realmente dependientes del carbón como fuente de energía. En el caso de Bulgaria, es muy usual la quema de este combustible tanto para uso doméstico como para el suministro de energía primaria, impidiendo así disminuir sus niveles de emisiones. Cabe destacar, como dato relevante, que Bulgaria tiene una de las ciudades más contaminantes de Europa, Pernik (El periódico de la energía, 2019; Greenpeace, 2018).

En el caso de España vemos como nos encontramos muy cerca de la media europea con coeficientes sutilmente superiores, pero dentro de los 15 países con menos emisiones de G.E.I de la Unión Europea.

**Gráfico 3. Emisiones de G.E.I. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalentes por millón de € de PIB. (2018)**



Fuente: Elaboración propia. Datos de EUROSAT.

En relación al siguiente gráfico, en el que se determinan las emisiones de G.E.I por hogar, vemos como las diferencias son menores en comparación con las ramas productivas, donde las emisiones de Luxemburgo equivalen al menos cuatro veces a las emisiones del país con menor nivel de emisiones, Suecia.

Suecia, en este caso, a partir de 2015 ha conseguido grandes avances a nivel de electrodomésticos más responsables (Odyssee, 2012), las mejoras implantadas en el sector de la calefacción, tomando como alternativa los biocombustibles, han sido clave para obtener la posición que maneja como uno de los países con menos emisiones a nivel europeo; sectores como el del transporte, el gobierno utiliza instrumentos políticos como son normas en el rendimiento de vehículos nuevos e impuestos sobre los vehículos según el tipo de combustible, que otorga un buen resultado y una continua reducción en las emisiones que genera (The Swedish Environmental Protection Agency, 2017).

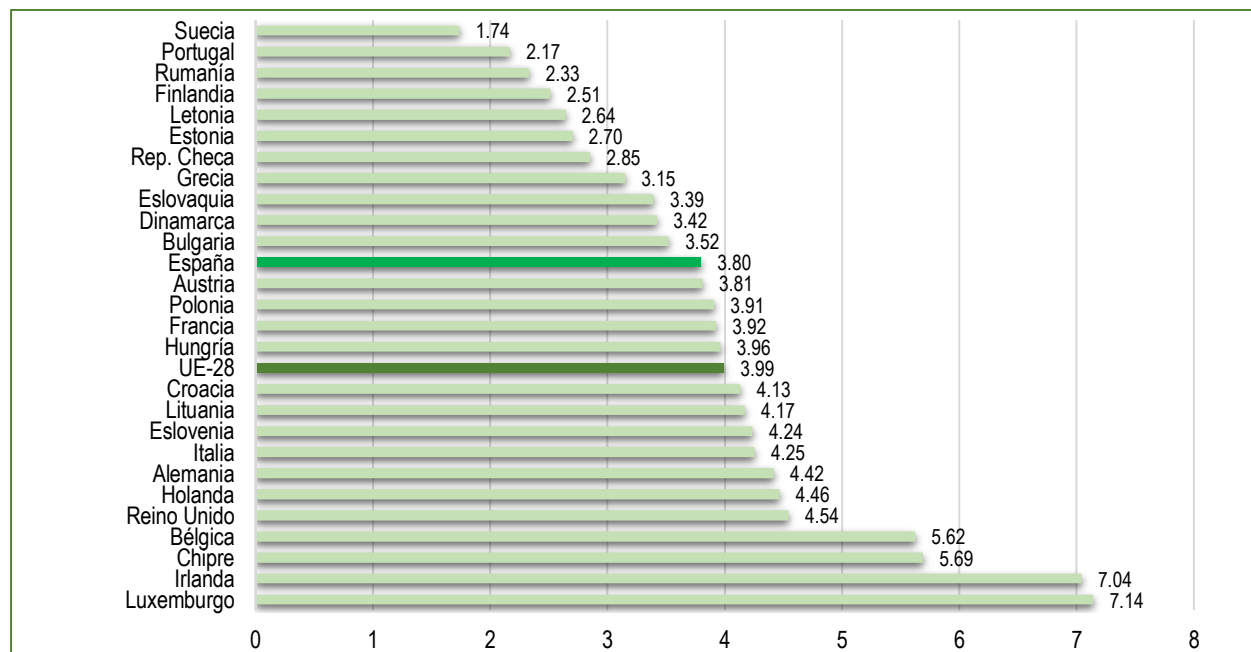
Luxemburgo a pesar de tener normas estrictas con respecto a la emisión de residuos como es el programa *SuperDrecksKescht*, en lo que respecta a la emisión de G.E.I según lo visto en el gráfico no lo son tanto, esto puede deberse en parte a políticas más flexibles en este ámbito, como son programas de prevención e información dirigido a hogares y consumidores, pero sin un debido marco normativo que regule productos destinados a una eficiencia en los hogares que ayude a una ruptura del consumo inútil contra el cambio climático, también se debe en parte al sector del transporte, donde existe una creciente tasa de coches de



pasajeros por habitante, crecimiento ligado a un número considerable de viajeros que cruza las fronteras cada vez que trabajan, según afirma el Gobierno de Luxemburgo (Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, 2018).

Por último, España vemos que se encuentra ligeramente por debajo de la media europea superando los coeficientes de países como Francia, Alemania y Reino Unido, entre las economías más desarrolladas de Europa.

**Gráfico 4. Emisiones de G.E.I. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalentes por hogar. (2018)**



Fuente: Elaboración propia. Datos de EUROSTAT.

Como apunte final a este apartado, hemos comprobado como las medidas que se han ido llevando a lo largo de los años nos han puesto en una situación comparable a la media europea, proyectando coeficientes próximos a dos veces las emisiones del país con menores emisiones, tanto para las ramas productivas como para los hogares, no siendo estos resultados realmente alarmantes como es el caso de Polonia y Luxemburgo donde ya se han comentado algunos puntos débiles que los han llevado a obtener dichos coeficientes y una vez identificados están a tiempo para mejorarlos y llegar a los objetivos implantados por la *Cumbre de París*.

A su vez, se han visto de manera genérica los aspectos que han podido favorecer a los países con menores coeficientes, como por ejemplo las regulaciones mediante la *Ley para la Transición Energética* y el

*Crecimiento Verde* en Francia o normas al sector del transporte como aplica Suecia, son campos que procura España abarcar mediante *Ley de Cambio Climático y Transición Energética* y el *PNIEC*, regulaciones que se han comentado de manera previa y que forman parte de un marco estratégico, puntos que podríamos establecer en línea con los pasos de estos países y que pueden llevarnos a reducir las emisiones.

A continuación se comentará una comparativa dividida por sectores permitiendo apreciar en aquellos que resultamos más eficientes a partir de la mediana internacional y cuáles necesitan mejoras para contribuir a un crecimiento sostenible.

## **Comparativa internacional por sectores**

Para el desarrollo de este apartado se han usado los datos proporcionados por EXIOBASE. Su origen se remonta al proyecto colaborativo desarrollado por un consorcio compuesto por Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Netherlands Organization for Applied Scientific Research (TNO), The Sustainable Europe Research Institute (SERI), The Institute of Environmental Sciences (CML), the Faculty of Science of Universiteit Leiden, the Institute for Ecological Economics at the Vienna University of Economics and Business y 2.-0 LCA Consultants (Tukker, et al., 2013; Wood, et al., 2015).

Actualmente esta base de datos consta de tres versiones y recoge información para cuarenta y tres países (más cinco agregados para el resto del mundo), cuenta con detalle doscientos productos, ciento sesenta y tres ramas de actividad, además de múltiples tipos de materias primas y tipos de usos de la tierra y agua. Esta información que se encuentra agrupada en términos de matrices *input-output* multirregionales, consigue establecer interacciones entre las ramas productivas y las diversas variables físicas que se han comentado con anterioridad.

Así, con el fin de dar una mejor visión a los resultados se ha procedido a la agregación de las ciento sesenta y tres ramas de actividad a un conjunto más reducido de actividades económicas, comparables con aquellas que ofrece el INE en las tablas *Input-Output*. Este conjunto, que será usado tanto para el apartado de análisis cuantitativo como para la base del apartado metodológico, se ha reunido sus resultados en el gráfico cinco que se presenta a continuación.

Los resultados, que se han diferenciado en un total de ocho tramos, se presentan en términos de coeficientes medidos en toneladas por millón de euros de producción, igual que se hizo con la Unión Europea en el apartado anterior, buscando facilitar su comparabilidad e interpretación entre datos. De la misma manera, se

contrastará España con un conjunto de países (48 países que aporta la base de datos) estableciendo la mediana internacional con el fin de evitar posibles puntos atípicos.

Los tramos descritos en el conjunto de gráficos se han establecido a partir de la agrupación por nivel de contaminación. Cabe resaltar las actividades que conforman el tramo “más de 1.000 toneladas por millón de producción”, dado que se encuentran las ramas productivas con mayores coeficientes de emisión, en especial el sector de transporte marítimo y por vías navegables y energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado poseen los coeficientes más elevados a nivel internacional y nacional.

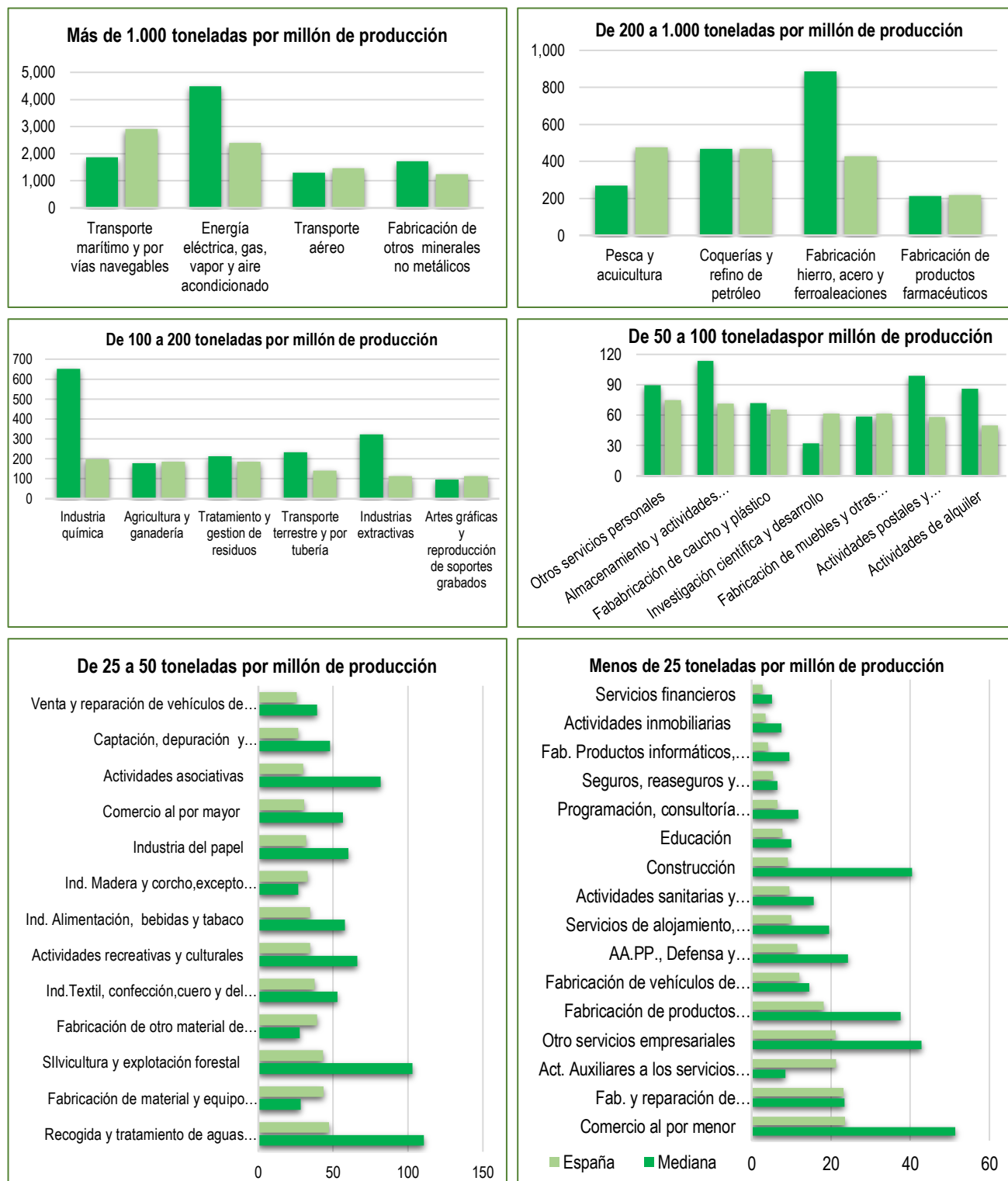
En España, el sector del transporte marítimo y por vías navegables al compararlo con la mediana internacional presenta un coeficiente considerablemente elevado (es un 56% más elevado), pudiéndose considerar como un resultado ineficiente con respecto a los estándares internacionales. Dado que los resultados reflejan datos de 2015, mediante el informe de *Transport and Environment* publicado en 2018, se demuestra que este hecho no ha sido aún regulado, ya que se considera a España como uno de los países con mayor emisión de G.E.I en este sector, equivalentes “a todas las emisiones de automóviles de pasajeros registrados en diez o más de las ciudades más grandes de cada país” (Transport & Environment, 2019).

Por otra parte, vemos cómo el sector de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado resalta el esfuerzo realizado en los últimos años. Este sector, que presenta un coeficiente de emisión un 47% inferior a la mediana internacional, demuestra que el desarrollo de energías renovables y optar por dejar de lado la quema de combustibles fósiles es un gran avance para la reducción de la emisiones.

De manera genérica, poco más del 70% de los sectores estudiados resultan por debajo de la mediana internacional. Se pueden considerar estos datos como favorecedores, ya que suponen, por un lado que más de la mitad de los sectores españoles son más eficientes que los estándares internacionales; mientras que por otro lado, en aquellas que no lo son, resulta posible la implantación y alcance de iniciativas que permitan acercarlos a un entorno más sostenible.

En lo referente a la máxima ineficiencia entre un sector español y la mediana internacional la encontramos en el sector de actividades auxiliares a los servicios financieros y seguros que emite unas veintiún toneladas por millón de producción en España frente a ocho que define la mediana internacional, por otro lado, la máxima eficiencia la encontramos en el sector de la construcción donde emite nueve toneladas en España frente a cuarenta que define la mediana internacional.

**Gráfico 5. Coeficientes de emisiones de G.E.I. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalentes por millón de € de producción. (2015)**



Fuente: Elaboración propia. Datos del INE

### III. Metodología.

Una vez presentada la situación actual de España y valorando la evolución de las emisiones a nivel nacional, seguido de una comparación en un plano internacional, se procederá, a continuación a determinar las herramientas que se usarán para el cálculo de la huella de carbono de las actividades económicas.

La huella de carbono está definida por el Ministerio para la Transición Ecológica dentro de su “Guía para el cálculo de huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización”. Este indicador mide “la totalidad de gases de efecto invernadero emitidos por efecto directo o indirecto por un individuo, organización, evento o producto” (Ministerio para la transición ecológica, 2016).

Existen múltiples ventajas para la utilización de este indicador como la fácil interpretación de los resultados, la aplicabilidad a cualquier actividad, y el bajo coste. Por otra parte la limitación de información, en la que no se tienen en cuenta otros impactos diferentes como la acidificación, reducción de la capa de ozono o toxicidad, y la gran variedad metodológica son algunos de los inconvenientes que presenta (Domingo Gómez & Gómez Villarino, 2007; García Ramiro, 2013).

Actualmente existen dos enfoques principales, el enfoque de organización y el enfoque de producto:

El enfoque de organización es aplicado a empresas; dado que se considera un valor añadido esta información para cada compañía, cada vez está más presente en las memorias de las mismas. La primera aproximación se hace mediante una normativa frente al cálculo de la huella de carbono y es el “*GHG Protocol*” (World Resource Institute & World Business Council for Sustainable Development, 2004); seguido de este, se han producido varias actualizaciones de este mismo informe, como también se han presentado nuevos avances, como son los informes del IPCC y las normativas ISO 14064 e ISO 14067 (ISO, 2006; ISO, 2013).

El enfoque de producto es aplicado, como su nombre indica, a productos o servicios. El criterio normativo utilizado para este enfoque es el *Life Cycle Assessment (LCA)* o Análisis del Ciclo de Vida (ACV), su base está definida bajo la norma ISO 14040 donde desarrolla los principios y fases que sigue el proceso (ISO, 2006); este enfoque también se ha ido actualizando a partir de nuevas normativas. Algunos ejemplos son específicas como ISO 14067 (ISO, 2018), o genéricas como son “*Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*” (World Resource Institute & World Business Council for Sustainable Development, 2011), e ISO 14044 (ISO, 2006), donde se delimitan los requisitos y directrices de la metodología.

## **Análisis *input-output***

El análisis *input-output* se basa en el uso de las tablas *input-output* que aportan diversas fuentes estadísticas según el país que nos situemos, en nuestro caso España, la última publicación ha sido en 2015 por el Instituto Nacional de Estadística siguiendo la normativa del Sistema de Cuentas Nacionales (SCN-2008) y más en concreto con la normativa del Sistema Europeo de Cuentas (SEC-2010).

Para esta metodología, que forma parte del enfoque de organización, con el fin de explicar los cálculos que conllevan este complejo análisis se creará a continuación un marco histórico y referencial que sirva para entender mejor su aplicación y origen.

## **Evolución histórica**

La primera aproximación fue en 1758 mediante la Tabla Económica (en francés “*Tableau Économique*”) presentada por el economista François Quesnay en el que presenta un primer modelo circular sobre una economía nacional; seguido de ello se han presentado varios avances, uno de ellos es Léon Walras quien presenta la Teoría del Equilibrio General (1874) mediante una serie de ecuaciones donde plantea el equilibrio económico en el conjunto de mercados (Ronald E & Peter D, 2009).

También cabe destacar las contribuciones hechas por Simon Kuznets y John Maynard Keynes, quienes participaron en la definición de indicadores macroeconómicos como el PIB mediante sus publicaciones “*National Income and Its Composition, 1919-1938*” (Kuznets, 1941) y “*How to Pay for the War*” (Keynes, 1940).

Por último, Wassily Leontief con sus dos principales publicaciones. La primera de ellas, “*The Structure of the American Economy, 1919-1939*” (1941) donde expone un nuevo instrumento, ventajoso para un análisis económico. En él, plantea las bases y aplicaciones del análisis *input-output* donde hace mayores especificaciones frente a los modelos planteados por François Quesnay y Léon Walras (Leontief, 1941). Su segunda obra, “*Input-Output Economics*”(1966), establece relaciones lineales entre oferta y demanda, además de presentar agrupaciones de sectores en relación a las mismas características tecnológicas (Leontief, 1966).

Estas ideas planteadas por estos autores impulsaron la creación de un sistema más integrado y completo, *The System of National Accounts (SNA)* o El Sistema Nacional de Cuentas (SCN). La primera publicación, SNA-53, constaba de simples tablas y cuentas a precios corrientes, su siguiente actualización fue SNA-68

donde ya incorporaba el uso de tablas *input-output*, tal como planteaba Leontief; seguido de ello, *SNA-93* reunió una técnica más detallada por sectores que incorpora un sistema de matrices origen-destino, y añadiendo conceptos como la paridad y el empleo, tal como se ha buscado definir mediante la literatura económica previa, y que ha ido marcando las bases del sistema económico actual.

La última actualización ha sido el *SNA-2008* donde se presenta un mayor detalle de aspectos como “cuentas públicas, sector informal y servicios de capital (importantes para la medición de la productividad)” (Comisión Europea, 2015).

Debe recordarse que este sistema sirve como base para que las agencias nacionales e internacionales establezcan sus propias políticas que permitan la comparabilidad entre países. De esta manera España, para la creación de su sistema de cuentas, y más en concreto de sus tablas *input-output* sigue la metodología implantada por la comunidad europea. El Sistema Europeo de Cuentas, más en concreto el SEC-2010, es comparable con el *SNA-2008* a nivel internacional (INE, 2019).

Esta metodología, como se ha buscado definir, ha sido extendida a múltiples estudios, no solo en el ámbito económico, bien sea mediante aplicaciones hacia el consumo y demanda, comercio o modelado regional e interregional quienes han incorporado este modelo; gracias a economistas como Richard Stone también se han llevado aproximaciones a otro tipo de aplicaciones.

Richard Stone en su publicación “*The analysis of economic systems*” (1963) sugiere extensiones en los estudios además de la actividad económica, pero no fue hasta 1965 con su publicación “*A Model of the educational system*” (1965) donde desarrolla una primera aproximación a técnicas de relación entre las aplicaciones del análisis *input-output* y la sistema educativo. (Baranzini & Marangoni, 2014), después de este, presentó nuevas extensiones aplicadas a la demografía, salud y medio ambiente.

En el caso que nos concierne, el análisis *input-output* en referencia al medio ambiente, una de las primeras publicaciones fue “*The evaluation of pollution: balancing gains and losses*” (1972) por Richard Stone. En él, presenta su preocupación al no dar solución a la elevada contaminación y plantea, mediante la aplicación de esta metodología, el objetivo de comprender el coste derivado del proceso productivo al reducir las sustancias contaminantes. Otras publicaciones más recientes como “*Input-Output Analysis: Foundations and Extensions*”, presentando tres nuevos enfoques de modelos medioambientales (Miller & Blair, 2009).

## Definición del modelo de Leontief

La metodología que se plantea con este trabajo, y con el que se comparará frente a un enfoque de producto que se comentará a continuación, es el uso de las ecuaciones del modelo básico de Leontief.

El modelo básico de Leontief se basa en el conjunto de ecuaciones lineales con el objetivo de estudiar las relaciones existentes entre la producción y el consumo de una economía, para ello es necesario establecer la estructura de tablas simétricas que siguen la misma distribución de las tablas *input-output* que presentamos a continuación en la tabla uno.

**Tabla 1. Estructura tablas input-output**

	Consumo de actividades económicas				Total demanda intermedia	Total consumo final	Formación bruta de capital	Exportaciones	Total demanda final	Total empleos
		1	2	j						
Producción de actividades económicas	1	CI <sub>1,1</sub>	...	CI <sub>1,j</sub>	DI <sub>1</sub>	H <sub>1</sub>	I <sub>1</sub>	EXP <sub>1</sub>	DF <sub>1</sub>	DI <sub>1</sub> + DF <sub>1</sub>
	2	CI <sub>2,1</sub>	...	...	DI <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	I <sub>2</sub>	EXP <sub>2</sub>	DF <sub>2</sub>	DI <sub>2</sub> + DF <sub>2</sub>
	i	CI <sub>i,1</sub>	...	CI <sub>i,j</sub>	DI <sub>i</sub>	H <sub>i</sub>	I <sub>i</sub>	EXP <sub>i</sub>	DF <sub>i</sub>	DI <sub>i</sub> + DF <sub>i</sub>
Consumos Intermedios		CI <sub>1</sub>	CI <sub>2</sub>	CI <sub>j</sub>	ΣCI					
<b>Valor añadido</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Remuneración asalariados</li> <li>EBE/Renta mixta</li> <li>Impuestos</li> </ul>		VA <sub>1</sub>	VA <sub>2</sub>	VA <sub>j</sub>	ΣVA					
Producción		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>j</sub>	ΣX					
Importaciones		M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>j</sub>	ΣM					
Total de recursos		X <sub>1</sub> +M <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> +M <sub>2</sub>	X <sub>j</sub> +M <sub>j</sub>	ΣX+ ΣM					

Demanda intermedia.
  Demanda final
  Inputs primarios

Fuente: Elaboración propia.

Partiendo de esta tabla, se podrá identificar las relaciones de demanda intermedia y demanda final de tres formas diferentes, o bien utilizando los valores totales, los valores interiores, o bien los valores importados. Una vez se defina esta relación, se podrá concretar una matriz simétrica en la que se pueden definir los coeficientes técnicos [1]. Se consideran estos, como el consumo intermedio de una actividad económica de la columna j que es adquirido por una cada actividad económica de una fila i por cada unidad producida P<sub>j</sub>.

$$a_{i,j} = \frac{\text{Consumos intermedios } i, j}{\text{Producción } j}$$

**Ecuación 1. Coeficientes técnicos**



El conjunto de los coeficientes técnicos  $a_{i,j}$  conforman la matriz de coeficientes técnicos A, según el consumo intermedio que utilicemos, es decir, en caso de usar el consumo total, interior o importado obtendremos los coeficientes respectivos a cada clasificación.

Con el fin de construir el modelo de Leontief, el primer paso a seguir es leer de la tabla uno la zona azul, donde se permitiría diferenciar como el total de demanda intermedia de un sector  $i$  es igual a la suma de consumos intermedios de sus columnas  $j$  [2].

$$\text{Demanda intermedia} = \sum_{j=1}^R Cl_{i,j}$$

***Ecuación 2. Demanda intermedia***

El siguiente paso, es interpretar al completo las filas de la tabla donde se lograría establecer la relación del total de empleos como la suma de demanda final y demanda interna [3].

$$\text{Total de empleos}_i = \text{Demanda interna}_i + \text{Demanda Final}_i$$

***Ecuación 3. Total de empleos***

Al sustituir en la ecuación anterior, la igualdad planteada en la ecuación dos, se lograría relacionar a partir del despeje de la ecuación uno, el total de empleo con los coeficientes técnicos [4]. Obteniendo la ecuación:

$$\text{Total de empleos}_i = \sum_{j=1}^R Cl_{i,j} + DF_i = \sum_{j=1}^R a_{i,j} * X_j + DF_i$$

***Ecuación 4. Total de empleos***

Por otra parte al hacer esta lectura, en lugar de filas en columnas, se definiría la relación del total de recursos como la suma de la producción e importaciones:

$$\text{Total de recursos}_j = X_j + M_j$$

***Ecuación 5. Total de recursos***

Por último, para establecer el modelo de Leontief es necesario igualar el total de empleos con el total de recursos, obteniendo la siguiente relación:

$$\sum_{j=1}^R a_{i,j} * X_j + DF_i = X_j + M_j$$

***Ecuación 6. Igualdad entre el total empleos y el total recursos***

Extendiendo el modelo a todas las actividades económicas y expresándolo en notación matricial tendríamos la siguiente formula:

$$A * X + DF = X + M$$

***Ecuación 7. Notación matricial del modelo***

Agrupando en términos y despejando, obtenemos la ecuación ocho en la que se presenta el modelo de Leontief [8]. Cabe destacar que nombramos matriz de Leontief a la resta entre la matriz identidad y la matriz de coeficientes técnicos (I - A).

$$A * X + DF - M = X$$

$$DF - M = X - A * X$$

$$DF - M = [I - A] * X$$

$$[I - A]^{-1} * (DF - M) = X$$

***Ecuación 8. Modelo de Leontief***

El modelo como ya he comentado de manera previa, puede expresarse en términos de coeficientes técnicos interiores, el resultado de este sería:

$$A^i * X + DF^i = X$$

***Ecuación 9. Notación matricial del modelo interior***

Si realizamos el mismo procedimiento de la ecuación ocho, quedaría el modelo final:

$$DF^i = X - A^i * X$$

$$DF^i = [I - A^i] * X$$

$$[I - A^i]^{-1} * DF^i = X$$

***Ecuación 10. Modelo de Leontief interior***

En nuestro caso, para realizar el estudio de las emisiones totales de una actividad económica X, se partirá de los coeficientes directos calculados por el cociente entre los datos de las cuentas de emisiones a la atmósfera por ramas de actividad y la producción total en cada una de estas ramas en el año 2015 de la tabla *input-output* siguiendo la siguiente formula, y posteriormente se estimarán los coeficientes indirectos mediante la aplicación del modelo de Leontief.

$$\text{Coeficiente de emisión}_x \left( \frac{\text{tonelada de G.E.I}}{\text{M. €}} \right) = \frac{\text{Emisión de G.E.I}_x (\text{tonelada})}{\text{Producción}_x (\text{M. €})}$$

***Ecuación 11. Coeficientes directos de emisión***

## **Análisis del Ciclo de Vida**

El Análisis del Ciclo de Vida (ACV), también conocido por la comunidad internacional como *Life Cycle Assessment (LCA)*, es una herramienta medioambiental que se basa en “analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica el impacto ambiental originado por un proceso o producto durante su ciclo de vida completo (esto es de la cuna a la tumba)” (Haya Leiva, 2016). Esta metodología forma parte del enfoque de producto; para explicar las extensiones que abarca este proceso se tratará igual que en el análisis *input-output*, se creará un marco histórico y referencial para aportar toda la información necesaria para definir una comparativa que compondrá el apartado siguiente.

## **Evolución histórica**

La primera aproximación a esta metodología fue mediante un estudio hecho por *Midwest Research Institute* en 1969 para Coca-Cola Company. En él, lanzaron los primeros estudios en el que se buscaba catalogar las diversas consecuencias ambientales de sus productos y envases (Elmore, 2015), pero no fue hasta la constitución en 1979 de *The Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)* que se estableció como objetivo el desarrollo de una metodología que estudiara los impactos generados por los productos.

En 1990, el Análisis del Ciclo de Vida fue el centro de discusión en tres foros. El primero, patrocinado por *World Wildlife Fund* y *the Conservation Foundation* donde se expusieron cuestiones relevantes a la identificación y la creación de un marco político que respalde esta metodología; el segundo, llevado a cabo por *The Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)*, donde se buscó el desarrollo de un marco técnico frente al estudio del ciclo de vida; y por último, el tercer foro llevado a cabo en Bélgica, donde se examinaron los aspectos prácticos de este análisis (Fava & Page, 1992).

Más tarde de estos foros, *The Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)* publicó en 1993 “*Guidelines for Life-cycle Assessment: A ‘code of practice’*”, considerado el primer código de prácticas de esta metodología que busca facilitar la comparabilidad de estudios homogeneizando los procedimientos y conceptos (Society of Environmental Toxicology and Chemistry, 1993). Simultáneamente en los años 90, se crearon sociedades como *Society for the Promotion of Life-Cycle Analysis (SPOLD)*, compuesta por veinte compañías con el objetivo de fomentar y sistematizar el uso del ACV; a su vez, cabe destacar la contribución del Centro Suizo para Inventarios de Ciclo de Vida quien ideó la base de datos Ecoinvent cuyo objetivo es proporcionar miles de datos del ciclo de vida de productos que se actualizan cada año.

Seguido de continuas evaluaciones y evoluciones del marco normativo que se ha buscado establecer, se continuó en 1997 con la primera norma ISO 14040, donde se detalla el marco general y estructura del ACV (ISO, 1997). En los siguientes años se fueron detallando nuevas normativas tratando temas como la definición de objetivos (ISO, 1998), evaluación de impacto (ISO, 2000) y su interpretación (ISO, 2000).

Más tarde, estas normas fueron sustituidas por nuevas que incluían mayores especificaciones. En el caso de la ISO 14040 fue actualizada (ISO, 2006), mientras que las otras tres restantes fueron sustituidas por la ISO 14044 donde se establece el conjunto de información que ya establecían cada uno por separado, y un aumento de la especificaciones que se planteaban como la limitaciones, fases y el valor que aporta la metodología (ISO, 2006).

En 2005, la Comunidad Europea con el fin de evaluar el impacto ambiental de los productos percibió la necesidad de la formación de una plataforma capaz de desarrollar estas metodologías, capaz de proporcionar datos de calidad y aportar un soporte de estudios frente a este tema; de esta manera se decidió responder mediante el establecimiento de *The European Platform on Life Cycle Assessment*.

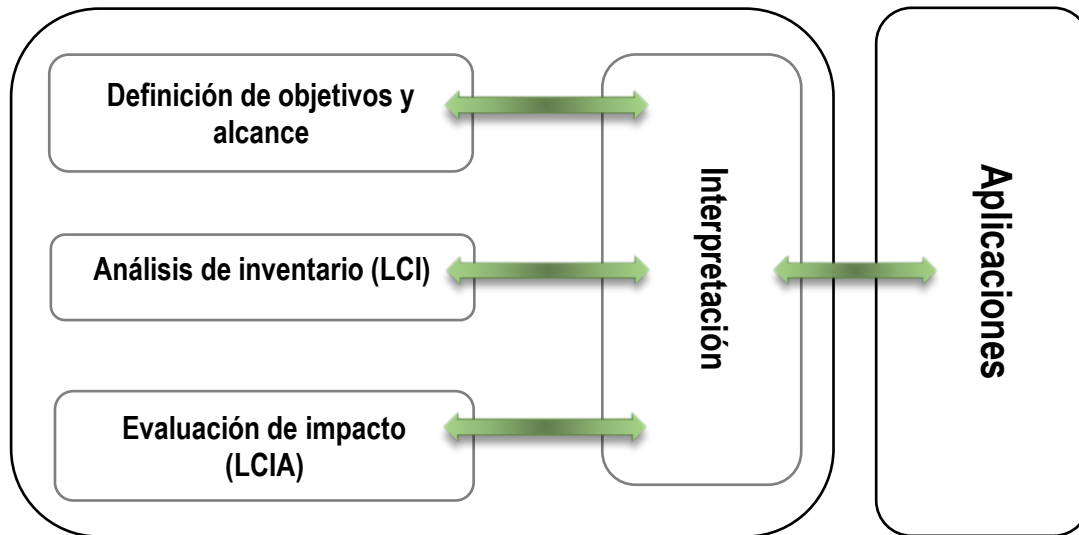
Una de las aportaciones que destaca por esta organización ha sido el manual “*ILCD handbook*” conformado por un conjunto de documentos. En él, aborda aspectos genéricos como la definición de objetivos, recopilación de datos y el proceso de atribución de emisiones bajo el documento “*General guide for Life Cycle Assessment*”; también, aspectos específicos donde aporta más detalles de cómo crear datos que reflejen de la mejor manera posible la situación de las emisiones bajo el documento “*Specific guide for Life Cycle Inventory (LCI) data set*”; seguido de varias guías de evaluación de impacto donde se aporta los requisitos necesarios para el análisis y la evaluación de los criterios de selección de modelos e indicadores que se utilizan en el estudio de análisis de impacto (European Commission, 2014).

Por último, cabe destacar organizaciones como *British Standards Institution* han contribuido a la aportación de recomendaciones sobre el estándar de cálculo de emisiones de G.E.I mediante sus normas PAS 2050 y PAS 2060, tratando de aumentar la confianza en todas las partes involucradas, proporcionando orientación sobre el cálculo, y ayudando a la verificación de resultados; incluyendo también los esfuerzo de la Organización Internacional de Normalización, quien publicó en 2018 la norma ISO 14067, una actualización de la misma normativa implantada en 2013 que establece una mejor claridad de algunos aspectos, y un mayor enfoque a la cuantificación en cuanto al análisis de productos (ISO, 2018).

## Definición del Análisis del Ciclo de Vida

Una vez establecido el marco histórico que ha ido llevando este análisis, en nuestro caso, el estudio del Análisis del Ciclo de Vida, tal como se recomienda en la literatura, se basa en una serie de pasos que se resumen en sexto gráfico.

**Gráfico 6. Marco de Análisis del Ciclo de Vida.**



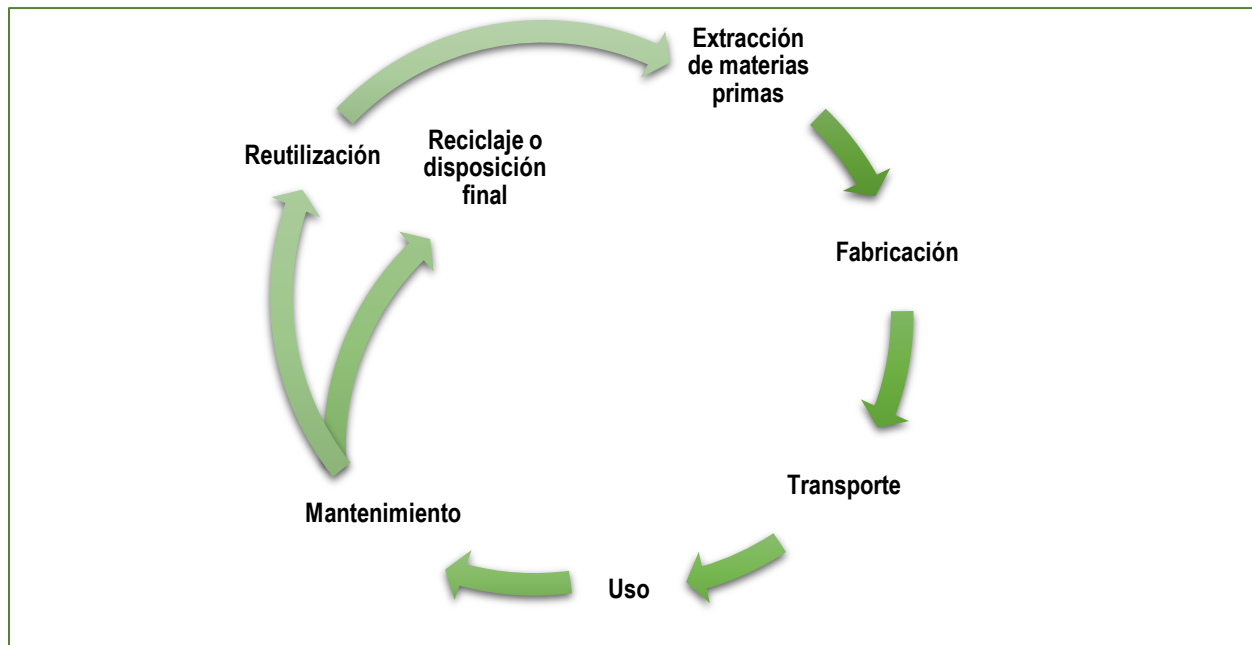
Fuente: Elaboración propia.

Cabe apreciar la dependencia de todos los puntos y la necesidad del desarrollo de cada uno de ellos para poder llevar a cabo un correcto análisis. A continuación se estudiarán, los aspectos que incluyen cada una de estas fases.

### 1. Definición de objetivos y alcance

El primer paso para llevar a cabo un estudio bajo esta metodología es el planteamiento de los objetivos. Lo que se busca mediante ello es expresar las razones que han llevado a ese estudio, la dirección que va a tomar y el fin que se pretende con su desarrollo. Un aspecto que se destaca es la definición del alcance, dado que es necesario conocer la extensión que queremos plantear. Para definir los alcances existen varios apartados, algunos de ellos se comentarán a continuación.

**Gráfico 7. Etapas del ciclo de vida.**



Fuente: Elaboración propia.

En el ciclo de vida distinguimos varias etapas que otorgarán una extensión diferente al estudio según la cantidad que abarquemos. La elección de ello dependerá de las necesidades que tenga el estudio, podemos diferenciar:

- **De la puerta a la puerta (*gate to gate*):** considera las actividades que afectan al proceso productivo, es decir, abarca únicamente el proceso de fabricación de la empresa analizada.
- **De la cuna a la puerta (*cradle to gate*):** considera desde las actividades de extracción de materias primas hasta el proceso productivo de la empresa que se aplique el análisis.
- **De la cuna a la tumba (*cradle to grave*):** considera desde las actividades de extracción de materias primas, fabricación, distribución, uso y gestión de residuos del producto.
- **De la cuna a la cuna (*cradle to cradle*):** considera al completo el ciclo de vida del producto, es decir, abarca desde las actividades de extracción de materias primas hasta que el producto, una vez está fuera de uso, puede ser reutilizado introduciéndolo en un proceso productivo como materia prima de otro o del mismo producto.

Otros aspectos de alcance además de las etapas es la determinación de la metodología. Existen diferentes herramientas para el impacto del ciclo de vida como es el *Cumulative Energy Requirement Analysis* (CERA), desarrollada por la Asociación de Ingenieros Alemanes; Eco-indicador 99, definido por el gobierno de

Holanda; o *Global Warming Potential* apoyado por el IPCC son algunos ejemplos. Cada uno tiene unas especificaciones y resultados diferentes que dependerán de las necesidades y objetivos que se establezcan con anterioridad.

## 2. Análisis de inventario

Esta fase, también reconocida por la comunidad internacional como *Life Cycle Inventory (LCI)*, abarca el punto de partida de la evaluación de impacto que se comentará a continuación. El análisis de inventario consiste en el proceso de obtención de datos y las operaciones de cálculo de entradas y salidas, donde se pueda diferenciar la cantidad de materias primas, emisiones, residuos, y otros recursos que hayan participado y generado el proceso productivo.

Es necesario, para obtener un buen resultado, establecer las relaciones existentes en todo el ciclo de vida, contando con una descripción detallada de los flujos que afectan al mismo y contabilizando, a partir de unidades cuantificables, las relaciones que participan en el proceso.

## 3. Evaluación de impacto

En esta fase, en inglés conocida como *Life Cycle Impact Assessment (LCIA)*, dirige la evaluación de los resultados obtenidos en el análisis de inventario. Generalmente, se relaciona esta etapa con la valoración de los impactos que afectan sobre un producto o servicio. Este apartado que consta de una serie de pasos, se comentarán los considerados como obligatorios, pero cabe destacar que existen otros pasos opcionales (normalización, ponderación, agrupación):

- **Selección:** según la metodología que se haya definido en el apartado de objetivos y alcance dispondrá de diferentes categorías de impacto. Estas categorías deben ser aceptadas de manera internacional, representar el total de impactos de entrada y salida y procurando evitar siempre las dobles contabilizaciones.
- **Clasificación:** una vez están establecidas las categorías, el siguiente paso a seguir es la asignación de los impactos ambientales calculados en el análisis de inventario.
- **Caracterización:** finalizado el apartado anterior, es necesario el uso de factores de conversión que proporcionen la equivalencia a indicadores de impacto que sirvan de comparativa entre estudios, facilitando la interpretación de resultados y la extracción de conclusiones.

#### **4. Interpretación:**

A pesar de estar en cuarto lugar, dependen de él cada uno de los puntos anteriores. En esta fase, Se considera lo necesario para establecer la comprobación y correcta evaluación de los resultados obtenidos tanto del análisis de inventario como de la evaluación de impacto.

Al ser un proceso continuo en todo el análisis, la norma ISO establece la interpretación mínima de una serie de factores. El primero, es la identificación de las cuestiones planteadas sobre el producto, contemplando las contribuciones que se presentan en cada fase y logrando extraer los principales impactos que arrastre; el segundo, es llevar a cabo las comprobaciones necesarias para que el resultado sea transparente, coherente y fiable; por último, el valor que tiene este análisis tanto para la empresa como para comunidad científica depende al completo de la transmisión de esta información, buscando transmitir de la manera más clara y precisa posible.

A su vez establece como objetivos principales, y que se han de incluir para obtener un correcto Análisis del Ciclo de Vida, es poder extraer conclusiones teniendo claro los límites que presenta el estudio. Además, la presentación de la información ha de ser ordenada, objetiva y comprensible estando siempre en concordancia con los objetivos planteados al inicio del análisis.

#### **5. Aplicaciones**

El propósito que puede haber para realizar este tipo de análisis puede ser muy variado. En el caso de una empresa que quiera realizar este proceso puede tener fines para usos internos como externos. Algunos ejemplos de usos internos son la planificación de estrategia, útil para diferenciarse de sus competidores directos y ser líder de una innovación en el sector, o bien para llevar un control de residuos que genera los productos; en el caso de usos externos, este análisis puede servir bien como una herramienta de marketing que ayude a la mejora de la imagen empresarial, o bien para desarrollar una selección de proveedores y reformar la gestión de suministros.

A su vez, este análisis también puede ser estudiado por administraciones, útil para mejorar legislaciones tanto de comunidad internacional como nacional, sirviendo como un instrumento que favorezca los estudios y permita crear un marco que fomente el medio ambiente y a la sociedad.



## Comparativa de metodologías

Una vez visto el proceso que han seguido cada una de las metodologías aplicables al análisis de impacto, se procederá a realizar una comparativa con el fin de establecer la herramienta más útil para analizar la huella de carbono de las actividades económicas. A continuación se establecerán los límites que tiene cada metodología, argumentado de forma final las razones por las que se desarrollara una de las dos en este Trabajo de Fin de Grado.

En el caso del análisis *input-output* se ha podido apreciar la utilidad del enfoque de organización, sirviendo en múltiples aplicaciones principalmente en el ámbito económico como ya hemos considerado anteriormente, pero cabe recordar que a partir de continuas mejoras en las normativas ha sido útil para establecer de la mejor manera posible los flujos existentes entre sectores; a su vez, los avances en el ámbito ambiental han servido para plantear modelos de impactos tanto en un plano nacional como regional, logrando establecer pesos directos e indirectos de las emisiones siendo útiles tanto para las empresas como administraciones a fin de asumir responsabilidades. Para ajustar estos modelos es necesario tomar una serie de límites, simplificaciones que se han llevado a cabo para la interpretar la realidad.

En primer lugar, se asume que las actividades económicas y los procesos de producción son homogéneos, es decir, se presume que la tecnología es la misma en toda la industria. En segundo lugar, tras la presunción anterior, los coeficientes técnicos son constantes, es decir, la cantidad de materia prima necesaria para producir una unidad de un producto final es independiente del nivel de producción, no siendo dependiente de otros efectos como es el precio; en tercer lugar, existe una ausencia de técnicas alternativas, es decir, no se tiene en cuenta productos sustitutivos, ni efectos de economía de escala (Vegara Carrió, 1979).

Otro aspecto que no se considera es el almacenaje de bienes, el modelo asume que la capacidad de proveer aumentos en la demanda es ilimitado; en último lugar, el hecho que las publicaciones de las tablas *input-output* sean publicadas, en el caso de España, en periodos de cinco años supone una limitación, ya que variaciones tecnológicas, cambios en los precios, o mejoras en industrias específicas no se actualizarán anualmente (Holland & Cooke, 1992).

Por otra parte, en el caso del Análisis del Ciclo de Vida, cabe recordar las ventajas del enfoque de producto, distinguiendo la utilidad tanto para las empresas como para las administraciones, aportando un enfoque no únicamente de fabricación, sino que abre la posibilidad de abarcar al completo la vida de un producto o servicio. A su vez, proporciona una imagen clara de cada etapa, pudiendo abarcar los problemas e

implementar mejoras en las fases que se considere. En el caso de las administraciones, el impulso de realizar estudios se evalúa como una oportunidad para mejorar las herramientas implantadas tanto de las bases de datos como de la aplicación de los resultados favoreciendo la facilidad de formar legislaciones más unidas al cuidado del medio ambiente, pero a pesar de las múltiples ventajas que presenta también presenta una serie de limitaciones.

El ACV es de gran utilidad siempre que se cuente de información detallada de los procesos que conforman el ciclo de vida de los productos, esta información suele ser compleja de conseguir puesto que puede ser confidencial, o bien recabarla supone una gran dedicación de tiempo y el manejo de un gran volumen de datos. Según Cooper, considera que los principales problemas son ocasionados por una mala especificación del primer paso planteado para el análisis, la definición de objetivos y alcance. Se debe tener claro las propias limitaciones que plantean el uso de las diversas metodologías, el objetivo que se busca y las unidades funcionales que se usan, dado que un mal uso de ello puede desembocar en resultados diferentes (Cooper, 2003).

Además el impacto medioambiental derivado del sector servicios se ve dificultado por su cuantificación, también cabe tener especial cuidado en simplificar procesos que su contribución individual pueda resultar no relevante, pero al estudiarlo al conjunto puede modificar los resultados.

De esta manera y a modo de resumen, el análisis *input-output* recoge todo el proceso productivo, considerándose como una huella de enfoque de organización. A su vez, dado que el objetivo de este Trabajo de Fin de Grado no es estimar un producto o servicio concreto, tal como evaluaría con el Análisis del Ciclo de Vida, sino que se basa en la estimación de distintas actividades, el análisis *input-output* es el más adecuado.

Además, el cálculo de la huella de carbono de las actividades económicas que se plantea, se vería obstaculizado, al usar el ACV, por la masiva información que habría que recabar de todos los productos y servicios concretos de las distintas ramas productivas españolas; otra dificultad que se presentaría es la posibilidad de que algunos sectores no posean ninguna aproximación al respecto, añadiendo además la difícil cuantificación del sector servicios que contempla al menos el 30% de los ramas, esto se podría solucionar a partir de una simplificación de sectores o procesos a unos pocos, pero presentaría una gran debilidad frente a la imposibilidad de cubrir los principales objetivos que se deben buscar como es la coherencia, claridad y fiabilidad.

## IV. Análisis cuantitativo

Este apartado tiene como objetivo mediante las herramientas metodológicas planteadas y los datos del INE comentados con anterioridad establecer las dos secciones finales de este estudio.

La primera de ellas, titulada como Análisis de coeficientes, se buscará dar una clasificación a las ramas productivas, incluyendo los hogares, pero estudiado en términos de consumo, valorando los resultados en función de la evolución que ha presentado a lo largo de los diez años que aporta el Instituto Nacional de Estadística. A su vez, se efectuará una evaluación de impactos de los sectores diferenciando los coeficientes totales más elevados realizando una distinción entre coeficientes directos e indirectos.

Seguido de evaluar los sectores más influyentes para cada gas y las características que tiene cada uno, se llevará a cabo un último apartado de proyecciones a medio plazo, donde a partir de las predicciones de las tablas *Input-output* para 2030 calculadas por el Centro de Predicción Económica (CEPREDE) se estudiará, a través diferentes tipos de tendencia, los coeficientes de emisión para dicho año, exponiendo, para el conjunto de actividades económicas, cómo se verían influenciadas por el paso del tiempo y desglosando si las variaciones de emisiones para 2030 estarían afectadas por cambios de producción y/o del coeficiente proyectado futuro (véase ecuación once).

### Análisis de coeficientes

A partir de los datos extraídos del Instituto Nacional de Estadística, utilizaremos nuevamente las Cuentas de emisiones a la atmósfera para todo el periodo que recoge (2008-2018) y las tablas *Input-output* publicadas en 2015. Las cuentas de emisiones a la atmosfera recogen en toneladas las siguientes sustancias contaminantes:

- Total de Gases de Efecto Invernadero (T.G.E.I)
- Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)
- Monóxido de carbono (CO)
- Metano (CH<sub>4</sub>)
- Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)
- Compuestos hidrogenofluorcarbonados (HFC)
- Compuestos polifluorcarbonados (PFC)
- Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

Con el fin de proporcionar la máxima información posible, todos los gases enumerados anteriormente serán transformados en coeficientes tal como se ha mostrado en la ecuación doce. A partir de estos coeficientes, se han realizado dos tratamientos diferentes, uno estático y otro dinámico en el tiempo, que serán la base de los apartados siguientes:

El primer tratamiento de datos consta de un análisis estático en el tiempo, correspondiendo este a los gráficos de impacto total de sectores en cada uno de los gases. Se considera estático puesto que aplicamos la metodología que se explicará a continuación para un único momento en el tiempo.

La metodología utilizada ha sido el modelo de Leontief, ya que nos permite aproximar el efecto total generado sobre las actividades económicas de un gas, partiendo de un vector de impacto  $W$ .

$$\text{Efecto total}_x = [I - A^i]^{-1} * W_x$$

***Ecuación 12. Coeficiente total de emisión***

Se considera  $W$  como la matriz de coeficientes de un gas  $x$  para el último periodo disponible, 2018. Al tener los coeficientes directos mediante la ecuación once, el efecto indirecto será la diferencia entre el efecto total del gas y el efecto directo.

$$\text{Efecto indirecto}_x = \text{efecto total}_x - \text{efecto directo}_x$$

***Ecuación 13. Coeficientes indirectos de emisión***

De esta manera podremos establecer el impacto total de cada sector logrando diferenciar las emisiones derivadas de forma directa e indirecta de cada rama productiva. Según la “Guía para el cálculo de huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización” contempla el concepto de emisión indirecta como las “emisiones consecuencia de las actividades de la organización pero que ocurren en fuentes que son ‘propiedad de’ o están controladas por otra organización” (Ministerio para la transición ecológica, 2016), es decir, son aquellas emisiones pertenecientes a otras ramas productivas que derivan de la actividad de un solo sector, por ejemplo la cadena de proveedores que suministre a una empresa.

En segundo lugar, el otro tratamiento de datos que se ha llevado a cabo, siendo el referente al análisis dinámico, se ha realizado con el fin de averiguar si se han registrado variaciones significativas en los coeficientes de emisión de cada una de las ramas.

Para ello, se ha planteado un análisis estadístico para determinar la existencia de tendencias significativas en la evolución de estos coeficientes mediante un análisis de regresión lineal determinado a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Coeficientes directos } x = \beta_0 + \beta_1 * \text{tendencia lineal}$$

***Ecuación 14. Regresión lineal de coeficientes directos***

Según los resultados que obtengamos del parámetro  $\beta_1$ , distinguiremos varias casuísticas que se resumen en la tabla dos. En términos de significatividad, optando por un 95% de confianza, distinguiremos aquellos que no son estadísticamente significativos de los que sí lo son. En caso de no serlo, implicaría una inexistencia clara de tendencia, para este caso incorporaremos los sectores pertenecientes a este supuesto en el Anexo, dado que no presentan resultados relevantes. Por otra parte, en caso de ser significativo, habrá que tomar otra especificación determinada por el signo del parámetro.

En caso de obtener un signo negativo, reflejaría que los coeficientes de emisión han disminuido a lo largo del tiempo, es decir, son eficientes ambientalmente logrando reducir durante los últimos diez años las toneladas de emisión por unidad producida; por otra parte, en el caso de ser positivo, reflejaría que los coeficientes de emisión han aumentado, es decir, los sectores son ineficientes ambientalmente aumentando durante diez años las toneladas de emisión por unidad producida.

**Tabla 2. Clasificación de parámetros**

		Signo de la beta	
		Parámetro positivo	Parámetro negativo
Significatividad de la beta	Parámetro significativo	Sector ineficiente	Sector eficiente
	Parámetro no significativo	Sector estable	Sector estable

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se procederá a comentar de manera desglosada cada uno de los gases enumerados al principio de este apartado. Se incorporará los resultados detallando los sectores que, en primer lugar impactan en mayor medida al medio ambiente español, y en segundo lugar, aquellos que tienen un comportamiento eficiente e ineficiente a lo largo del tiempo.

## **Total de Gases de Efecto Invernadero (T.G.E.I)**

El total de Gases de Efecto Invernadero, se estudia con el objetivo de valorar de manera genérica el comportamiento de los sectores con respecto a las emisiones de los gases de manera global. Las emisiones se verán dadas como resultados conjuntos, pero más adelante se realizará el desglose de cada sustancia contaminante.

El total de gases de efecto invernadero se considera como la suma de óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), compuestos hidrogenofluorcarbonados (HFC), compuestos polifluorcarbonados (PFC), hexafluoruro de azufre ( $\text{SF}_6$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ). Cabe recordar las aportaciones que tenían cada compuesto, siendo el dióxido de carbono quien conformaba más del 80% del total de gases, de manera que los resultados que se aprecien ahora y los resultados obtenidos en el apartado específico de  $\text{CO}_2$  tendrán grandes similitudes.

A pesar de determinar en este apartado el análisis de manera genérica, sirve para dar un primer punto de vista al desarrollo del estudio, ayudando a prever las responsabilidades que recaen sobre cada sector. En primera instancia, al diferenciar entre efectos directos e indirectos mediante el análisis estático, se permite distinguir si las actividades productivas o bien su cadena de proveedores son las causantes de las emisiones, ventajoso como herramienta estratégica para la mejora de gestión con proveedores, o de procesos de producción de productos o servicios.

Por otra parte, mediante el análisis dinámico se permitirá apreciar si los esfuerzos conjuntos de las empresas de un mismo sector, a lo largo de los años, han servido para situarlos en una situación de eficiencia o ineficiencia o si, por otra parte los resultados se podrían interpretar como comportamiento estable de las emisiones.

En relación al gráfico ocho, se ha procedido a enumerar un conjunto sectores con los coeficientes más elevados. Cabe recordar que se valora además de las sesenta y cuatro actividades económicas, los hogares estudiados, en lugar de términos producidos como las ramas productivas, en términos de consumo.

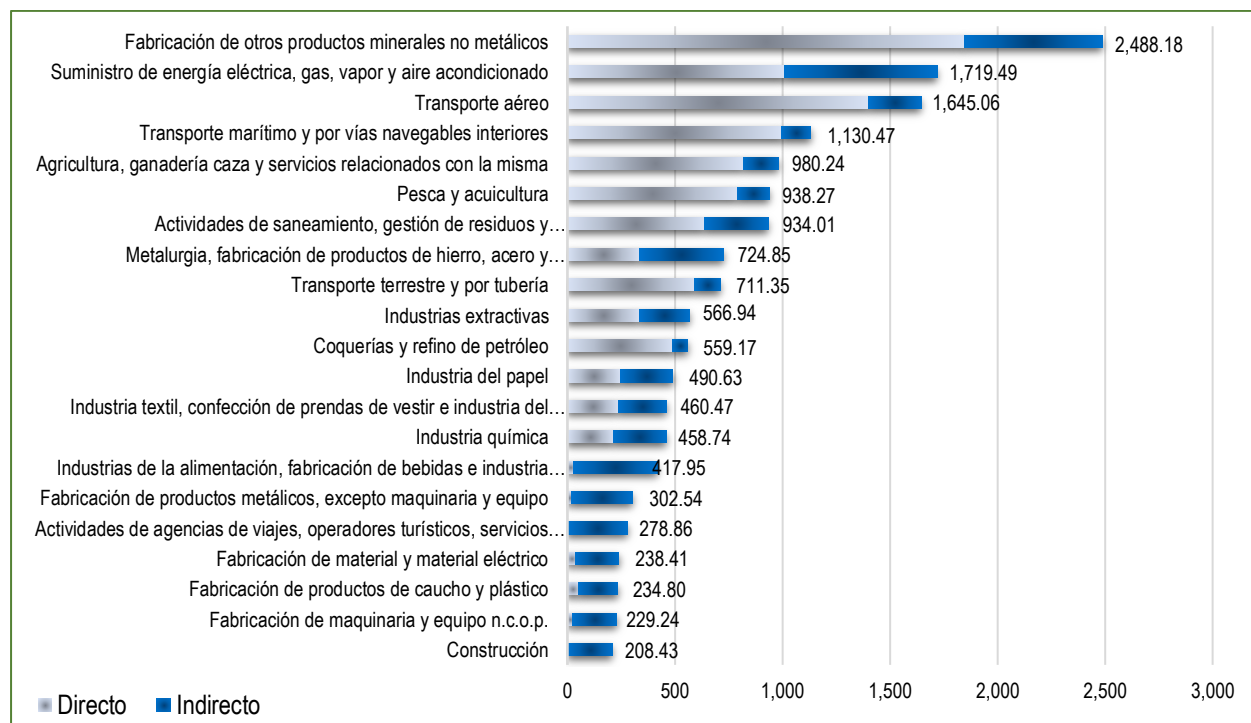
Así, de manera genérica, todos poseen coeficientes superiores a doscientas toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalente por millón de euros producidos; por debajo de estos, se podría distinguir un grupo de dieciocho ramas productivas con un tramo entre doscientas y cien toneladas de  $\text{CO}_2$  equivalente por millón de euros

producidos, dentro de él, están los hogares que presentan un coeficiente de cien toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por millón de euros consumido; el resto presentan coeficientes por debajo de cien.

De manera específica, se puede distinguir cómo el sector de fabricación de otros productos minerales no metálicos, es quien presenta el coeficiente directo e indirecto más alto del conjunto expuesto. Este sector, que contempla empresas como por ejemplo de fabricación de vidrio, productos cerámicos, cemento u hormigón, lo convierte en un foco de emisiones muy dependiente de la cantidad producida. Según la sustancia contaminante, que se establecerá más adelante, deberá implantar medidas de mejoras eficientes de producción y gestión de proveedores.

También cabe resaltar en el caso del efecto directo, los sectores de transporte aéreo y pesca y acuicultura son quienes presentan la segunda y tercera posición en coeficientes más elevados respectivamente, mientras que en el caso del efecto indirecto, sectores como suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado e industrias de la alimentación, fabricación de bebidas e industria del tabaco son quienes deberían implementar mejoras en los criterios de selección de materiales o proveedores.

**Gráfico 8. Impacto total de T.G.E.I. en un conjunto de sectores. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente por millón de euros.**



Fuente: Elaboración propia. Datos del INE.

En cuanto a términos de eficiencia podemos exponer cómo de los sesenta y cinco sectores que estudiamos, dado que también contemplamos las emisiones de los hogares, en veinticinco no se han percibido cambios significativos a lo largo de los últimos diez años, es decir, de un 38% de los sectores españoles, de manera conjunta en niveles de emisión, no es posible percibir de manera clara una tendencia.

Por otra parte, se logra diferenciar una tendencia significativamente decreciente para un total de treinta y cinco sectores, en otras palabras, para un 54% de los sectores su evolución a lo largo de diez años se puede considerar eficiente; por último, tenemos los sectores restantes, siendo cinco los que presentan una tendencia significativa creciente, considerándolos ineficientes.

Cabe recordar que estas emisiones conforman un conjunto total de gases, con el objetivo de señalar sobre qué actividades económicas afectan en mayor medida al efecto invernadero y cómo ha sido su evolución; más adelante mediante los apartados propios de cada gas, se resaltará la necesidad de mejora o, por el contrario, exaltar las estrategias llevadas a cabo por el conjunto de empresas de un sector en cuanto a la sustancia correspondiente.

Para los sectores cuya tendencia no ha seguido un comportamiento claro, se han incorporado los resultados en el gráfico dos del Anexo. Como dato destacable, las elevadas emisiones directas derivadas de las coquerías y refino de petróleo y las actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación contemplan ambas más de diez millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

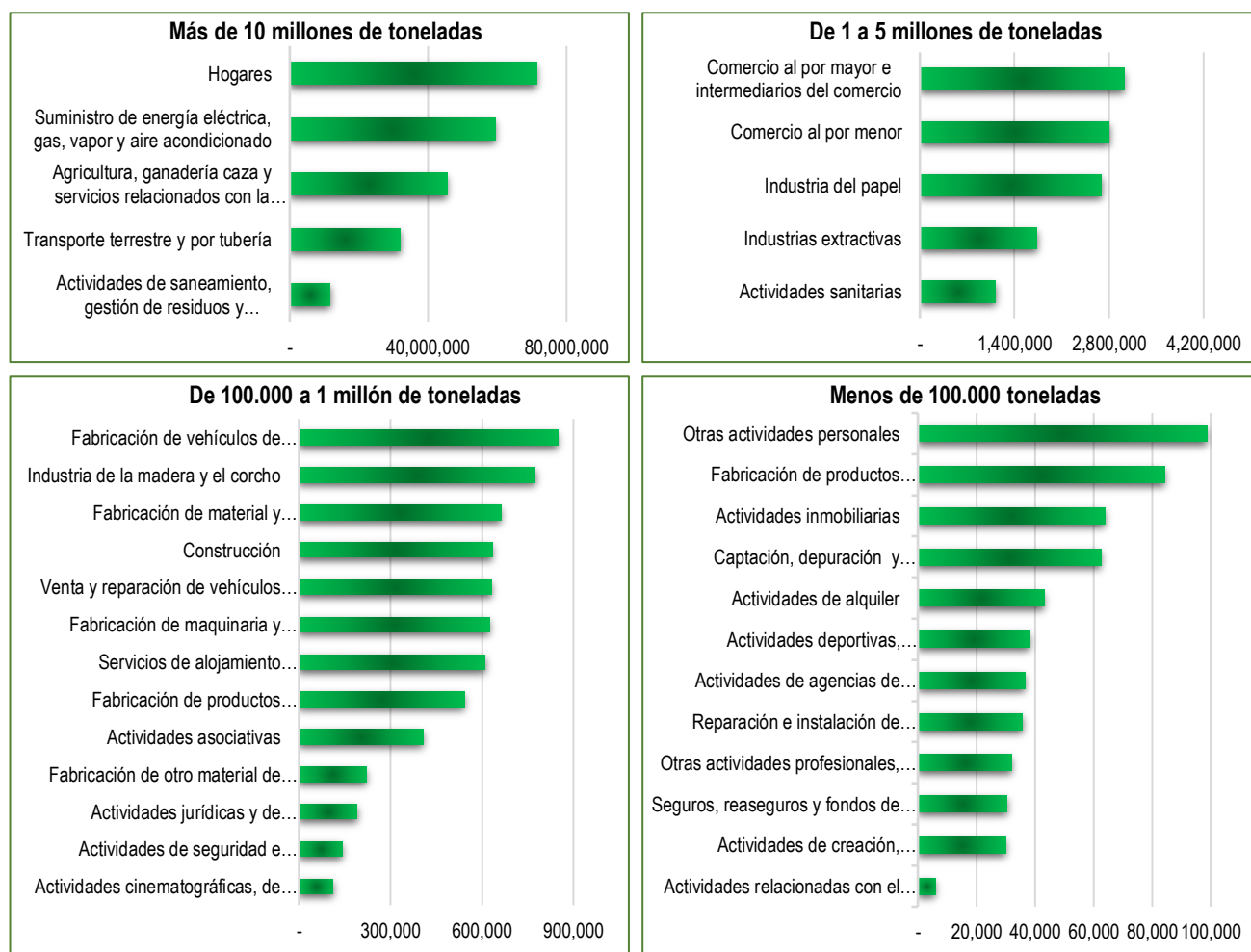
A continuación, se presentarán en el siguiente gráfico los sectores que sí han demostrado una tendencia negativa. Se puede diferenciar claramente cuatro tramos. En el tramo de “más de 10 millones de toneladas” cuenta con el 65% del peso total de las emisiones. La actividad económica que más emisiones ha generado son los hogares, con más de setenta millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente, por encima del sector eléctrico, con cerca de sesenta millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente; por otra parte, el sector que menos emisiones emite ha sido actividades relacionadas con el empleo, quien tiene un coeficiente que ronda una tonelada por millón de euros producidos, a pesar de ser quien menos emisiones genera, su evolución también es favorable a lo largo del periodo.

Cabe destacar la presencia del sector de la agricultura, ganadería, caza y servicios relacionados con la misma, ya que sus emisiones corresponden a un 13% del total emitidas en España muy en línea con los resultados del IPCC, quienes afirman que al menos el 14% de las emisiones mundiales es emitida por este



sector (IPCC, 2014). Así, al estar incluida en este grupo, esta actividad económica también demuestra un gran esfuerzo por manejar el peso que tiene sobre las emisiones, pudiéndola considerar eficiente en estos últimos diez años.

**Gráfico 9. Emisiones directas de T.G.E.I en sectores eficientes. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**

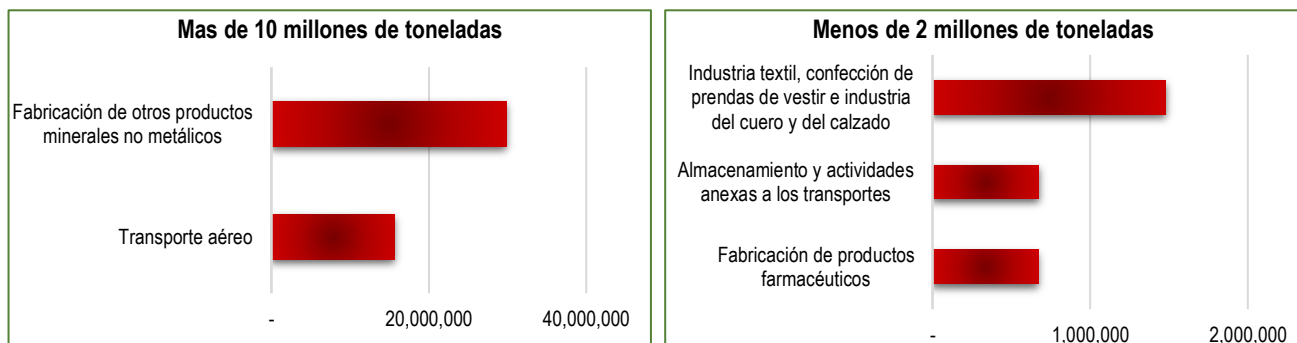


Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los sectores ineficientes, el total de emisiones emitidas corresponden a un 14% de las emisiones totales, siendo un resultado importante dada la cuantía global, pero asequible al alcance de mejoras a cada uno. En el tramo de “más de 10 millones de toneladas”, contemplamos un sector que ya mencionábamos con anterioridad, fabricación de otros productos minerales no metálicos, quien contempla el mayor impacto tanto directo como indirecto, por lo se puede concluir que las políticas llevadas a cabo no han sido beneficiosas de manera genérica para el medio ambiente dada la evolución que presenta.

Como datos extremos; además de fabricación de otros productos minerales no metálicos, se encuentra por otro lado, el sector de fabricación de productos farmacéuticos que a pesar de ser ineficiente emite menos emisiones elevándose a seiscientos setenta mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente.

**Gráfico 10. Emisiones directas de T.G.E.I en sectores ineficientes. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



Fuente: Elaboración propia.

## Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

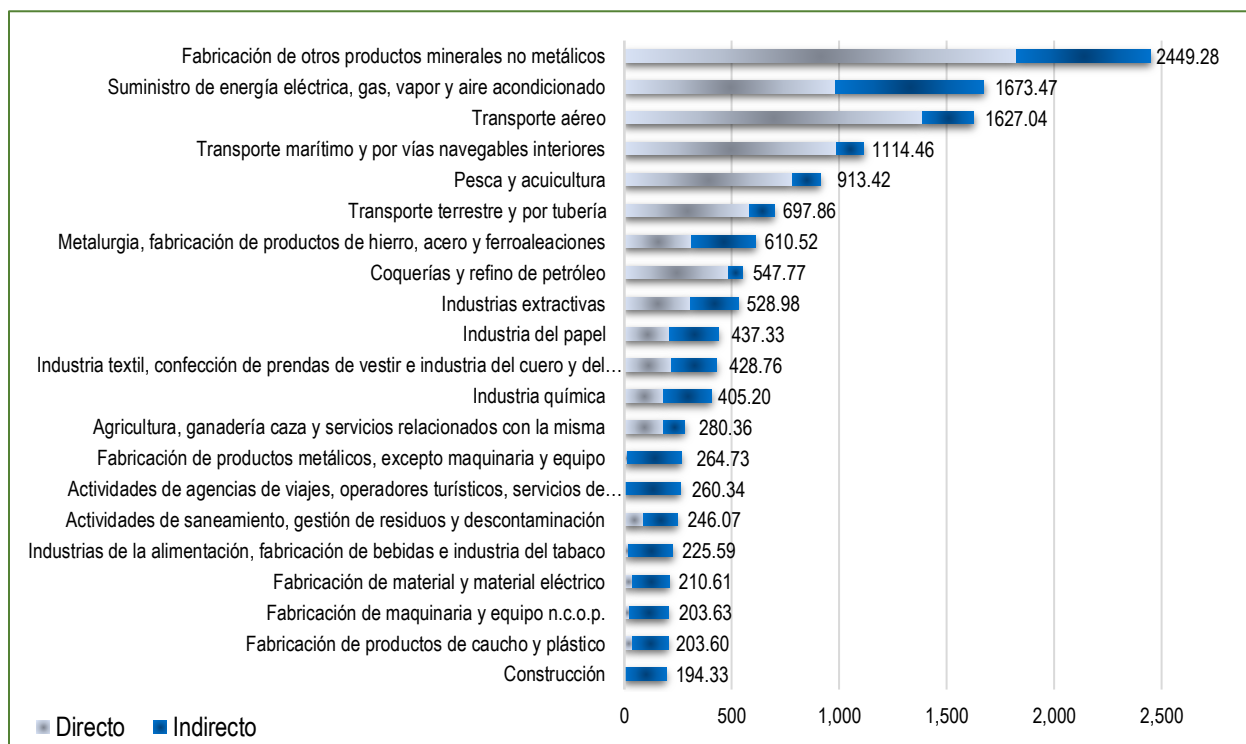
El dióxido de carbono como ya se ha comentado antes, su emisión procede de manera natural en la respiración de los seres vivos y de todo tipo de procesos de combustión: petróleo, carbón, madera o bien por las erupciones volcánicas.

En relación al conjunto de sectores con mayor impacto total a nivel nacional podemos comprobar, como ya adelantamos en el apartado previo, que son resultados muy similares dado el peso que tiene sobre el total de Gases de Efecto Invernadero. A pesar de ser muy parecidos hay diferencias, como son las magnitudes de los coeficientes, siendo lógicamente más reducidas las del dióxido de carbono que las del total de Gases de Efecto Invernadero. Este punto se pone en manifiesto al obtener un total de treinta y cuatro sectores con coeficientes superiores a cien toneladas por millón de euros producido en comparación con treinta y nueve que teníamos en el apartado anterior.

En lo referente al gráfico once, se pueden extraer resultados similares al anterior apartado, pero con diferentes conclusiones. El sector que tiene el coeficiente más elevado tanto directo como indirecto de las ramas productivas es el de fabricación de otros productos minerales no metálicos. La consecuencia de esto, tras identificar el compuesto que depende de la actividad económica es necesario marcar este compuesto como objetivo de mejora y prioridad en las empresas del sector.

En lo que respecta al impacto directo, los sectores de transporte aéreo y pesca y acuicultura presentan la segunda y tercera posición en coeficientes más elevados respectivamente; por otro lado, sectores como el de suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado y las actividades de agencias de viajes, operadores turísticos, servicios de reservas y actividades relacionadas con los mismos representan un elevado impacto indirecto, debiendo acordar con sus proveedores unas menores emisiones de CO<sub>2</sub>.

**Gráfico 11. Impacto total de CO<sub>2</sub> en un conjunto de sectores. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente por millón de euros.**



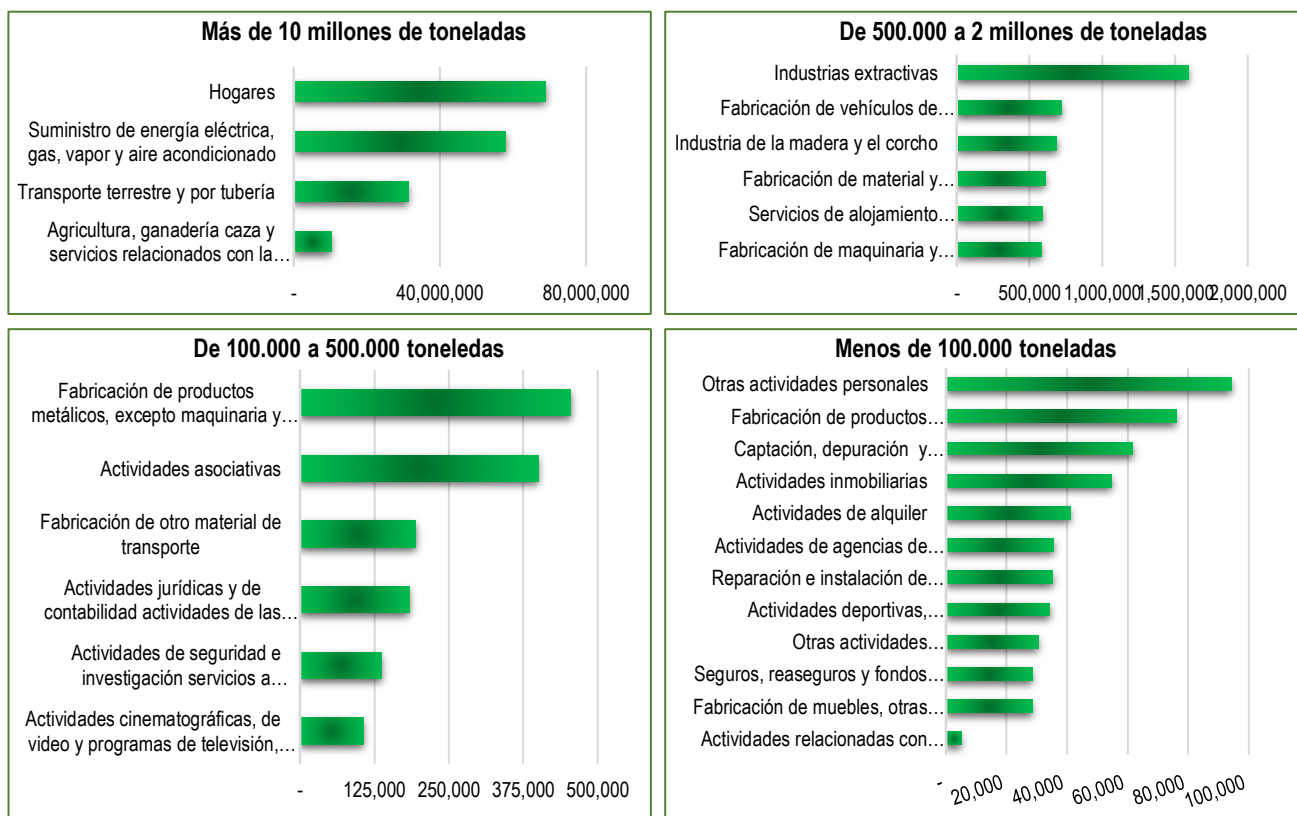
Fuente: Elaboración propia. Datos del INE

En cuanto a términos de eficiencia, se pueden exponer cómo de los sesenta y cinco sectores que se ha realizado el análisis, un 46% de los sectores españoles con respecto al dióxido de carbono no es posible percibir de manera clara una tendencia. Estos resultados se han incorporado en el gráfico tres del Anexo. Como dato destacable, las elevadas emisiones directas derivadas de las coquerías y refino de petróleo y metalurgia, fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones contemplan ambas más de diez millones de toneladas. Este dato demuestra la necesidad de implantar mejoras en los técnicas de producción dado que a lo largo de diez años no se ha logrado marcar una tendencia en línea con el cambio climático.

En el caso de sectores eficientes, se pueden diferenciar de nuevo cuatro tramos. En el tramo de “más de 10 millones de toneladas” se engloba el 59% del peso de emisiones de este gas. En él, se contempla sectores que ya se mencionaba con anterioridad como son los hogares, y el sector agrícola.

Las evolución que han llevado las emisiones de los hogares y del sector de transporte terrestre y por tubería se puede asociar a la nueva línea seguida por todas las empresas del sector, donde se deja de lado la quema de combustibles y se opta por vías eléctricas demostrando un comportamiento eficiente a lo largo de los años. Cabe añadir a este apartado, las elevadas emisiones que presenta el sector suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado que, a pesar de ser elevadas, el compromiso adquirido al elegir energías renovables, refleja buenos resultados de eficiencia al estar incluido en este grupo.

**Gráfico 12. Emisiones directas de CO<sub>2</sub> en sectores eficientes. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



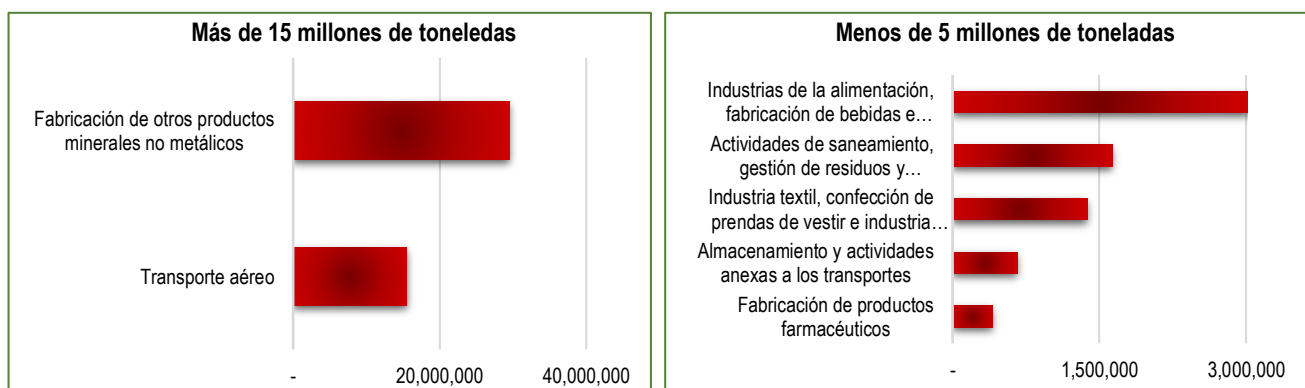
Fuente: Elaboración propia.

Por último en el caso de los sectores ineficientes, contemplábamos ambos sectores que mayor coeficiente directo tienen, fabricación de otros productos minerales no metálicos y el sector de transporte aéreo, estos sectores que tiene un alto coeficiente directo, deberían contemplar medidas o alternativas que favorezcan la reducción de sus coeficientes dada su evolución en estos últimos diez años. Así, lograrán evitar convertirse

en un gran foco de emisión al ser tan dependientes de la cantidad producida; por otro lado, el sector que a pesar de ser ineficiente emite menos emisiones es fabricación de productos farmacéuticos. Su coeficiente de veintiún toneladas por millón de euros producidos debería al igual que en el caso anterior, estudiarse para ajustar dicho coeficiente acorde a un entorno sostenible.

En general, contemplamos un total del 18% de las emisiones de dióxido de carbono totales, siendo un resultado mayor al total de Gases de Efecto Invernadero, por lo que se deberá implantar y buscar mejoras en estos sectores tras su identificación, dado el elevado peso que tienen.

**Gráfico 13. Emisiones directas de CO<sub>2</sub> en sectores ineficientes. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



Fuente: Elaboración propia.

## Monóxido de carbono (CO)

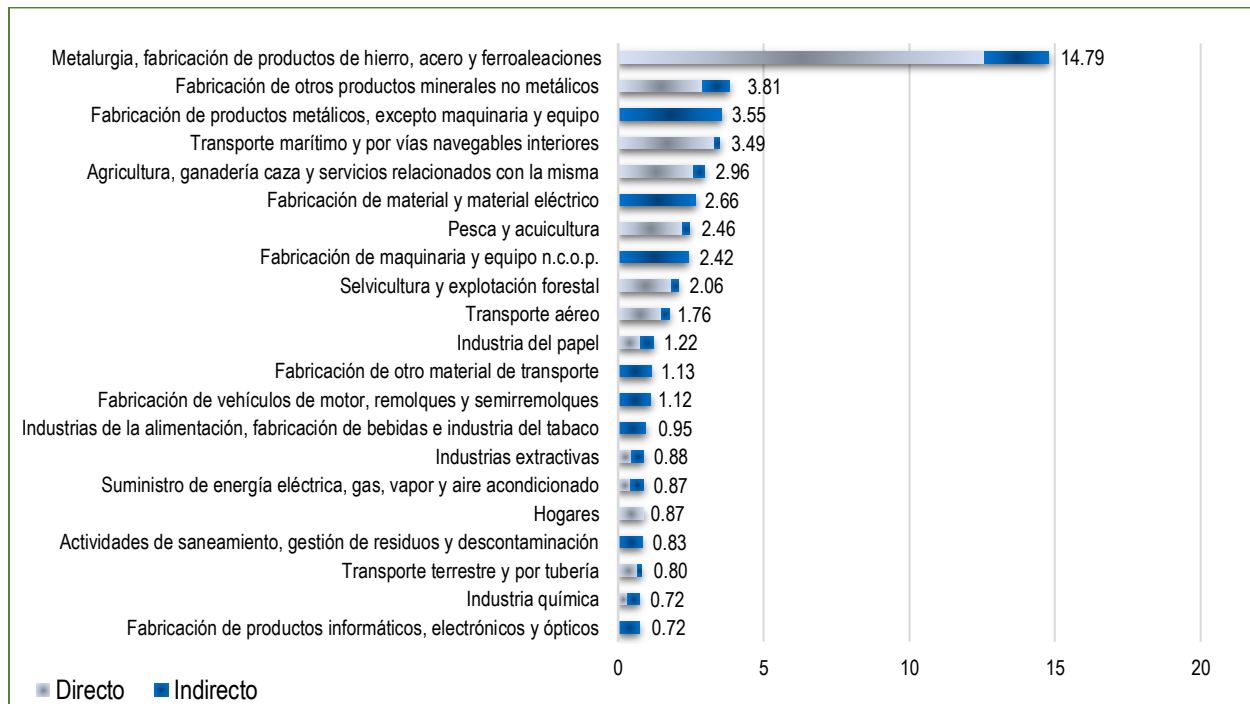
El monóxido de carbono actúa de manera indirecta como gas de efecto invernadero, esto se debe a la estrecha relación que guarda con el segundo G.E.I más importante, el metano (CH<sub>4</sub>). Según el Ministerio de Transición Ecológica, un aumento en las concentraciones de CO ocasiona un incremento en la concentración de metano, lo que lo convierte en un factor relevante y tema de estudio (Agencia Estatal de Meteorología, s.f.).

El monóxido de carbono se genera a partir de combustión incompleta de combustibles ya pueden ser fósiles como petróleo, carbón, gas natural o biocombustibles sólidos como la madera. Las fuentes principales de emisión son los motores de vehículos, calefacciones y en menor medida el sector agropecuario y actividades industriales como son industrias de refino de petróleo, químicas o metalurgia. (Braga, 2019; ECHA, 2019)

En lo que respecta al gráfico catorce, vemos que los coeficientes son, con gran diferencia, menores que los aparatados anteriores. En general, si se exceptúa las industrias relacionadas con la metalurgia donde los

procesos de fundición condicionan un elevado aumento de este gas, los coeficientes son inferiores a cuatro toneladas por millón de euros producidos. El sector que más impacta de forma directa es la metalurgia, fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones, por otra parte de forma indirecta, el sector que más impacto tiene es fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo.

**Gráfico 14. Impacto total de CO en un conjunto de sectores. Tonelada por millón de euros.**

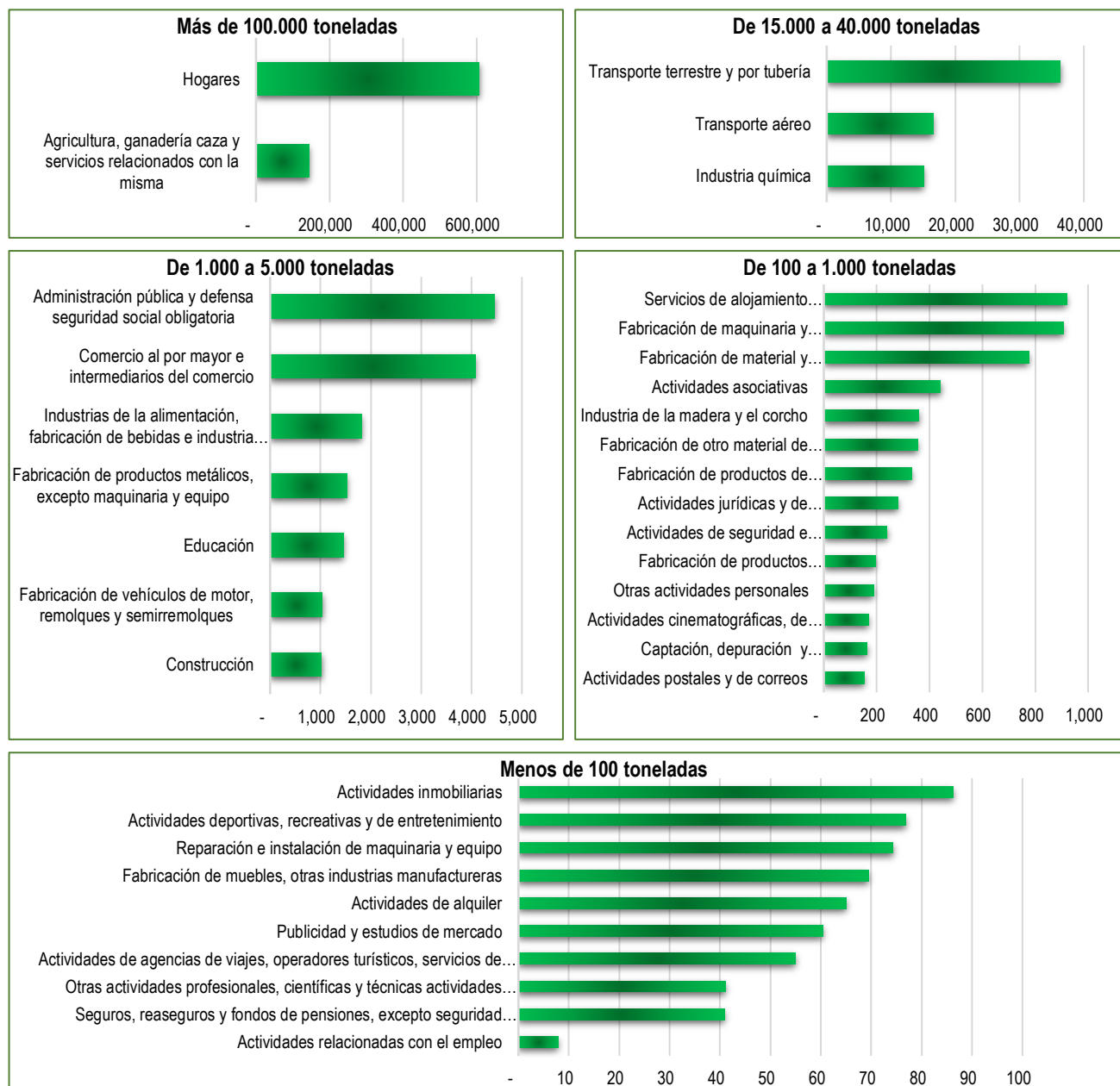


Fuente: Elaboración propia. Datos del INE

Los sectores en los que no se puede comprobar una tendencia clara han sido inferiores a los apartados anteriores. En el gráfico cuatro del Anexo, se pueden ver los resultados de veintitrés sectores en el que destaca, con emisiones cerca de diez mil toneladas, transporte marítimo y por vías navegables interiores. Cabe apreciar el gran efecto directo que se observa en el gráfico catorce sobre esta actividad económica, esto se debe a los propios procesos de producción que tienen. Dado que no se han producido mejoras a lo largo del periodo, cabría considerar la posible investigación en técnicas innovadoras que reduzcan este tipo de emisiones que afectan de manera directa e indirecta al cambio climático.

En cuanto al siguiente gráfico de sectores eficientes, resalta como los hogares han ido reduciendo sus emisiones a lo largo de los diez años estudiados, a pesar de ser quienes más emiten este tipo de gas, esto se puede asociar al constante cambio generado en los vehículos de manera genérica, ya que cabe apreciar a los sectores transporte aéreo, transporte terrestre y por tubería en este grupo.

**Gráfico 15. Emisiones directas de CO en sectores eficientes. Tonelada.**

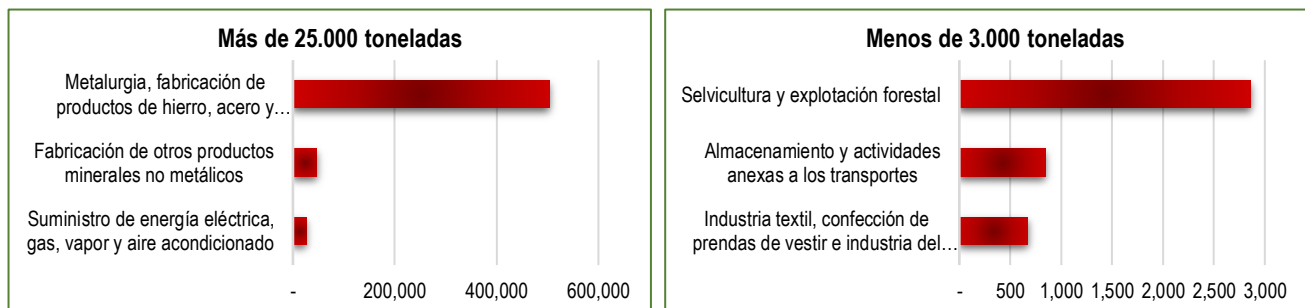


Fuente: Elaboración propia.

A pesar de las reducciones en las fuentes no renovables de energía, según se demuestra el informe de 2018 de Red Eléctrica de España, la alta producción frente a un coeficiente de cuarenta y tres centésimas ocasiona un alto impacto ambiental. Las fuentes principales que ocasionan la emisión de este gas se deben a centrales eléctricas de tipo gasolina o diésel y aquellas de manejo por turbina de gas. En relación con los resultados se consideraría necesario efectuar mejoras en este tipo de plantas para lograr reducir las emisiones y evitar ser ineficientes en este aspecto (Red Eléctrica de España, 2019; SEQUOPRO, 2019).

Cabe añadir, en relación a lo mencionado al comienzo del apartado con respecto a la conexión entre el monóxido de carbono y el metano, que también se puede efectuar de forma inversa, la emisión de ambos gases se condiciona, por ejemplo, por aumentos en la putrefacción o quema de residuos. En el gráfico para el caso de CO, si se aprecia el sector en que recae esta actividad como es actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación, se comprueba que sus emisiones han ido en aumento estos años pudiendo asociarse a un aumento de estas acciones (Rodríguez Cervantes & Baeza Romero, 2018).

**Gráfico 16. Emisiones directas de CO en sectores ineficientes. Tonelada.**



Fuente: Elaboración propia.

## Metano (CH<sub>4</sub>)

El metano se considera el segundo Gas de Efecto Invernadero más importante, por debajo del dióxido de carbono. Científicos contemplan la gran relevancia de este gas y la necesidad de aumentar estudios en este ámbito dado su impacto. “In the first report by the UN climate science panel, in 1990, one tonne of methane was considered to have 21 times the global warming potential of one tonne of carbon dioxide. That was upgraded to 28 times in the most recent major report, and could rise as high as 35 times in the next big assessment in 2022” (Vaughan, 2019).

Cabe considerar que la alta relevancia que se le ha dado al dióxido de carbono ha sido por la gran cantidad emitida y la facilidad de los sectores en emitirlo, pero dado su impacto a la atmosfera, el metano es mucho más potente según considera el IPCC.

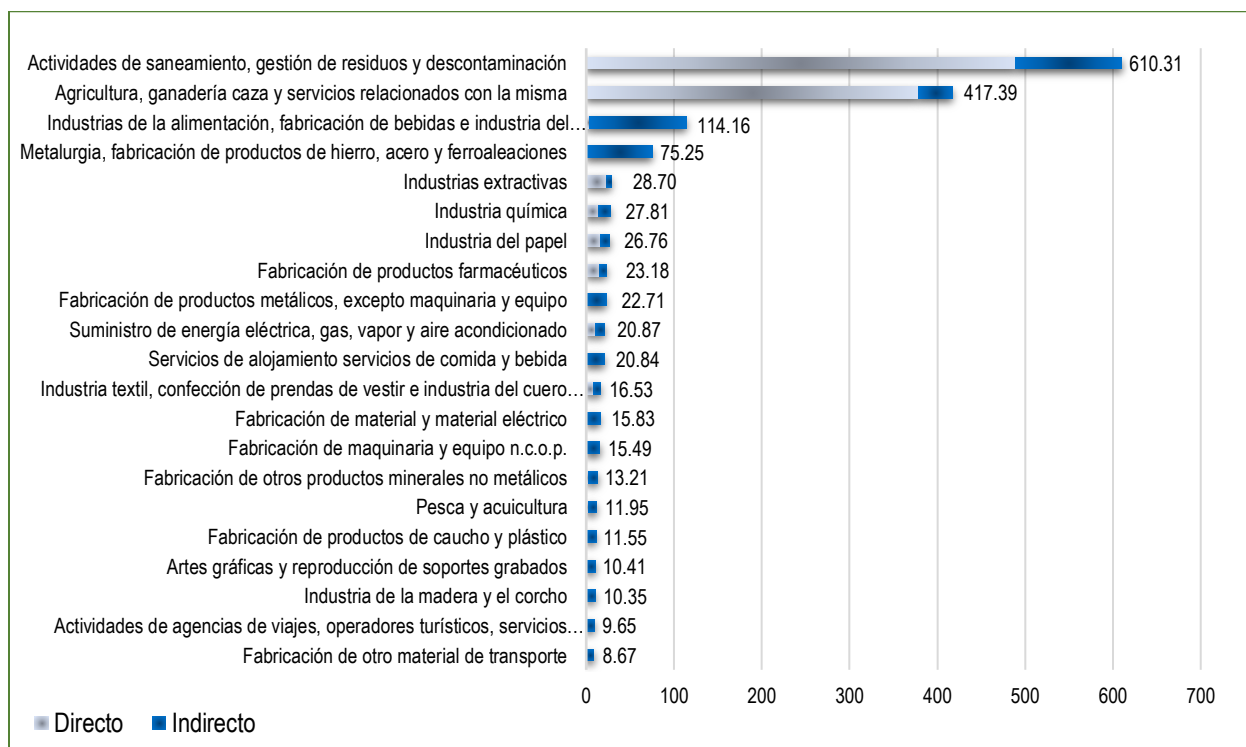
Las fuentes principales del metano son los procesos de descomposición de la materia orgánica en ausencia de oxígeno, también es conocido como gas de los pantanos, dada su elevada emisión en pantanos, o por ejemplo en arrozales. A su vez, está presente en el proceso digestivo del ganado en especial de los rumiantes, por otra parte, se puede encontrar en los gases que emiten los vertederos o cloacas.



El metano, además de ser un gas nocivo, también es utilizado como fuente de energía. El gas natural contiene en su mayor parte este compuesto, pero también contiene otros en menores proporciones. La característica de este método es la ausencia de impurezas y residuos sólidos, como de una menor emisión de Gases de Efecto Invernadero.

En lo que respecta al gráfico diecisiete, se establece nuevamente un conjunto de sectores con mayor impacto directo e indirecto de metano. Los resultados son coeficientes más reducidos, exceptuando aquellos sectores como actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación y agricultura, ganadería, caza y servicios relacionados con la misma ya que son considerados fuentes primarias de emisión, apreciable en la elevada diferencia entre coeficientes.

**Gráfico 17. Impacto total de CH<sub>4</sub> en un conjunto de sectores. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente por millón de euros.**



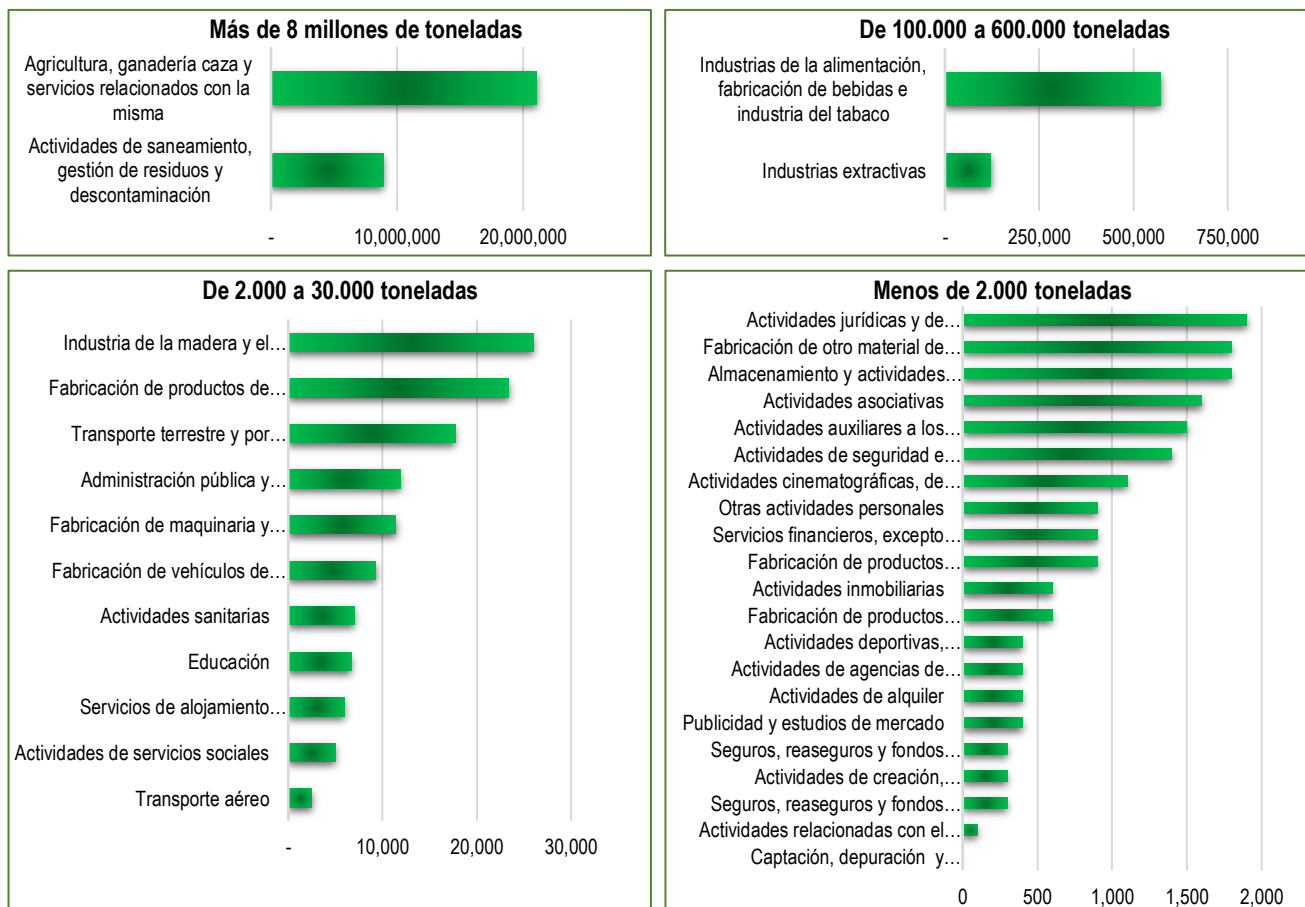
Fuente: Elaboración propia. Datos del INE

En relación a sectores sin un comportamiento claro de tendencia, apreciable en el gráfico cinco del Anexo, destacan los hogares y la industria química con más de quinientas mil toneladas cada uno, equivalentes al 4% de las emisiones totales.

Con respecto a las actividades económicas que sus resultados han sido eficientes, distinguimos cuatro tramos. Aquellas ramas productivas que más emisión emiten, son aquellas que sus coeficiente son los más elevados, ambos generan el 89% de emisiones directas en España, en concreto la agricultura, ganadería, caza y servicios relacionados con la misma emite cerca de veintiún millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente; mientras que las actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación emite cerca de nueve millones de toneladas, frente a las treinta y tres millones que afecta al conjunto total del país. Al ser grandes fuentes de emisión se deberá continuar con las técnicas de aprovechamiento de este gas, dado la buena evolución que han ido llevando a lo largo de estos años.

Por otra parte los sectores como la industria extractiva, sus emisiones se pueden corresponder a las fugas al explorar y explotar yacimientos de hidrocarburos. Dado que se han visto reducciones a la largo del periodo, se puede asociar a una mejora de las técnicas o infraestructuras dejando fugas menores. (Halland, Lokanc, & Nair, 2016).

**Gráfico 18. Emisiones directas de CH<sub>4</sub> en sectores eficientes. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



Fuente: Elaboración propia

Nuevamente, haciendo referencia a las fugas contempladas en los sectores eficientes, en cuanto a actividades que son ineficientes podemos contemplar como el suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado es quien más emisión de este gas genera. El Ministerio, bajo la información que proporciona de este gas, estima que las fugas de gas natural en cuanto a extracción, transporte y distribución es de un 1% (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2016); en nuestro caso la emisión de metano con respecto al total es de poco menos del 2%, en línea con las estimaciones pudiendo, una vez reconocidas las debilidades, contemplar mejoras ante estos problemas y dejar de ser ineficientes en este ámbito.

**Gráfico 19. Emisiones directas de CH<sub>4</sub> en sectores ineficientes. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



Fuente: Elaboración propia.

## Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

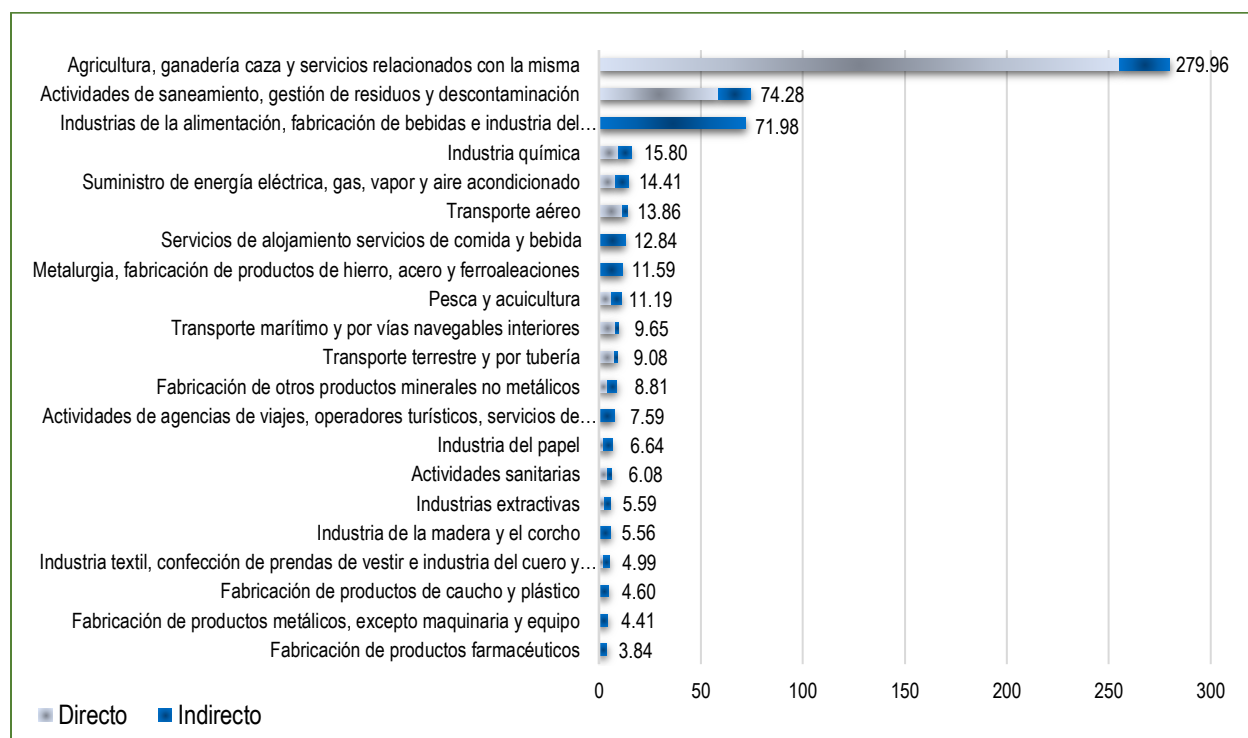
La Unión Europea clasifica el óxido nitroso como el único óxido de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) que actúa de manera directa como Gas de Efecto Invernadero, mientras que el resto de sustancias que conforman esta familia como por ejemplo el óxido nítrico (NO), el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) y el ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) son considerados indirectos.

Las fuentes principales son varias, destaca la emisión desde los suelos y océanos derivada el ciclo del nitrógeno, fenómenos naturales como erupciones volcánicas y tormentas, pero también existen de origen antropogénico como la quema de residuos y combustibles fósiles o el uso de fertilizantes en actividades agrícolas.

En lo referente al gráfico de este apartado, vemos como el mayor impacto lo tiene el sector agrícola. Estas emisiones son derivadas de “los suelos agrícolas se deben principalmente al proceso microbiológico de la nitrificación y desnitrificación del suelo. Se pueden distinguir tres tipos de emisiones: las directas desde el suelo, las directas de óxido nitroso del suelo debido a la producción animal (pastoreo) y las indirectas generadas por el uso de fertilizantes” (Benavides Ballesteros & León Aristizabal, 2007).

Además, cabe recordar cómo afecta la combustión de residuos a este gas, dato que se contempla en el coeficiente de actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación, siendo el segundo coeficiente directo más elevado; por otra parte, en lo referente al efecto indirecto, la Industrias de la alimentación, fabricación de bebidas e industria del tabaco al ser dependientes de los efectos del sector primario, lo convierte en cuanto emisiones indirectas muy dependiente de la cantidad producida pudiendo gestionar junto a este sector mejoras en las medidas para mitigar esos efectos de manera conjunta.

**Gráfico 20. Impacto total de N<sub>2</sub>O en un conjunto de sectores. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente por millón de euros.**



Fuente: Elaboración propia. Datos del INE

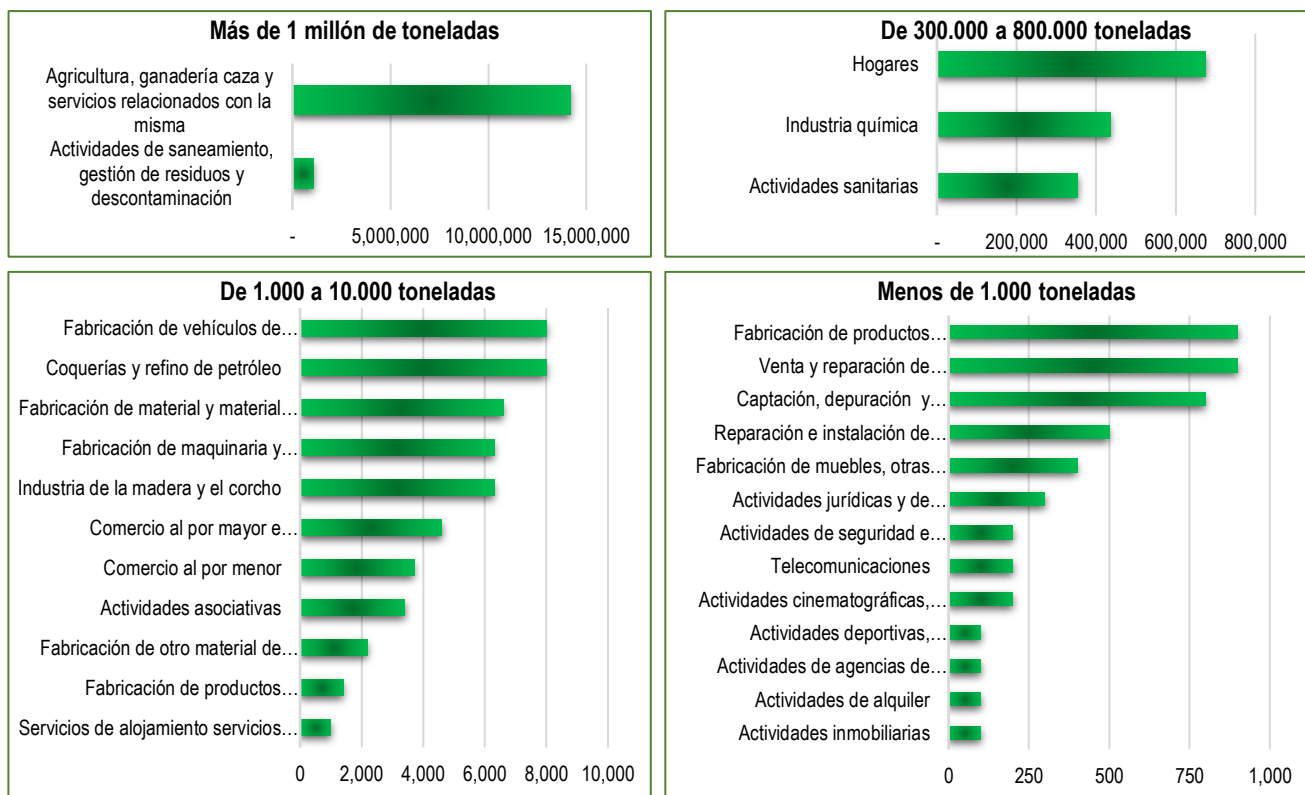
En cuanto a los sectores que su tendencia no es significativa, apreciable en el gráfico seis del Anexo, destaca el sector de suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado con más de cuatrocientas setenta mil toneladas, equivalente al 3% de las emisiones totales de este gas. Cabe destacar que ocupa la quinta posición de los sectores que más emiten esa sustancia, a pesar de estar concentrado en especial en dos sectores, también tiene una pequeña responsabilidad en introducir cambios y mejorar estos coeficientes para resultar favorables para el medio ambiente.

En términos de eficiencia, visible en el gráfico veintiuno, se aprecia como las emisiones de este gas son más reducidas, donde a excepción de cinco sectores las emisiones están por debajo de las veinte mil toneladas.

La agricultura, ganadería, caza y servicios relacionados con la misma contempla casi el 80% de la emisión de este gas, es decir, es quien más emisiones de óxido nitroso emite. La Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes expone en sus informes sectoriales la evolución del consumo en fertilizantes, en especial los fertilizantes nitrogenados, han tenido una reducción cerca del 3% en 2016, a pesar de los últimos aumentos en los años siguientes, la evolución que ha ido llevando a lo largo de los diez años estudiados posiciona al sector como eficiente (Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes, 2019).

Cabe apreciar en un tercer lugar, a los hogares. Las emisiones se derivan de los motores de gasolina o diésel de los vehículos, en este caso, la tendencia de aumento de coches eléctricos que disminuye o incluso elimina este gas favorecerá a una mitigación mayor de este gas a futuro; por último, la industria química quien produce lo fertilizantes o las actividades sanitarias que obtienen analgésicos para intervenciones quirúrgicas a partir de la mezcla de oxígeno y este compuesto, también han demostrado una evolución positiva a lo largo de los diez años estudiados.

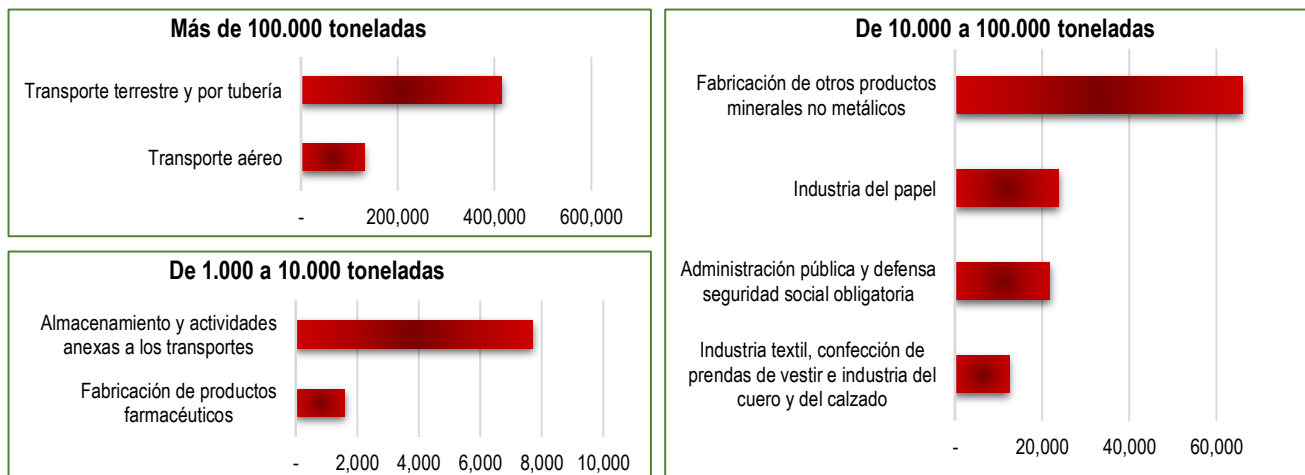
**Gráfico 21. Emisiones directas de N<sub>2</sub>O en sectores eficientes. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte de los sectores ineficientes, se puede contemplar que, a pesar de efectuar mejoras en los vehículos privados contemplados dentro las emisiones de los hogares, las emisiones emitidas por el transporte aéreo y transporte terrestre y por tubería han ido aumentando a lo largo de los años. Uno de los condicionantes que pueden explicar este resultado es la evolución del número de viajes en España que ha ido en aumento hasta 2018, por lo que deberá buscar alternativas bien en busca de transportes más eficientes o bien nuevas fuentes de energía para estos.

**Gráfico 22. Emisiones directas de N<sub>2</sub>O en sectores ineficientes. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



Fuente: Elaboración propia.

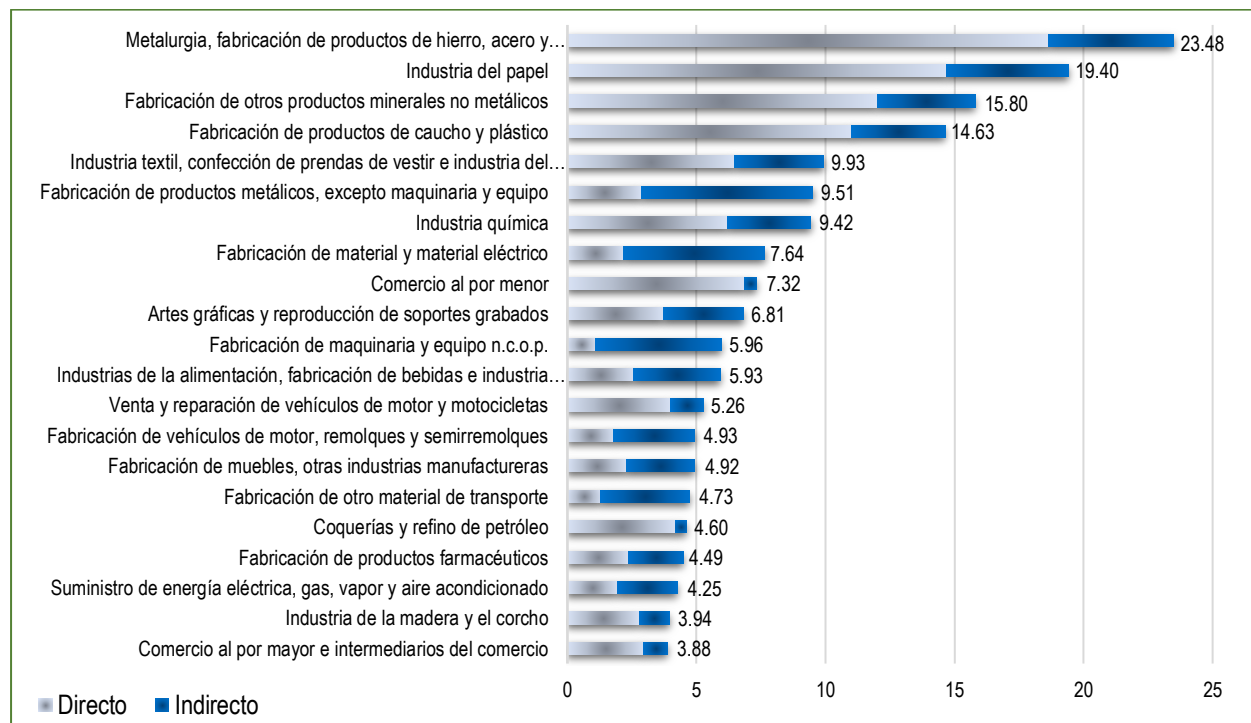
## Compuestos hidrogenofluorcarbonados (HFC)

Los compuestos hidrogenofluorcarbonados (HFC) son un grupo común de gases fluorados, al igual que los compuestos polifluorcarbonados (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), estos dos últimos se comentarán en los apartados siguientes. Principalmente se usa como gas refrigerante. Su creación fue con el fin de sustituir los clorofluorocarbonos (CFC) y hidroclorofluorocarburos (HCFC), gases que destruyen la capa de ozono. Esta alternativa, que no “agota” la capa de ozono, posee otros inconvenientes, la presencia del flúor provoca, al ser emitidos, un comportamiento de Gas de Efecto Invernadero, por esta razón están incluidos dentro del *Protocolo de Kioto*.

Como ya se ha mencionado antes, su fuente principal son equipos que necesiten refrigerarse, pudiéndose encontrar en aires acondicionados, bombas de calor, extintores y en la fabricación de semiconductores, según contempla el Ministerio (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019).

En cuanto al gráfico siguiente, se aprecia cómo el proceso de metalurgia, fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones es el que más impacto tiene sobre este gas. Además, aquellos sectores que utilizan hornos y tienen la necesidad de controlar la temperatura, al estar presente en este gráfico, se puede comprobar la utilización de este compuesto como herramienta refrigerante para poder llevar acabo su producción, por lo que los convierte en grandes focos de emisión.

**Gráfico 23. Impacto total de HFC en un conjunto de sectores. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente por millón de euros.**



Fuente: Elaboración propia. Datos del INE.

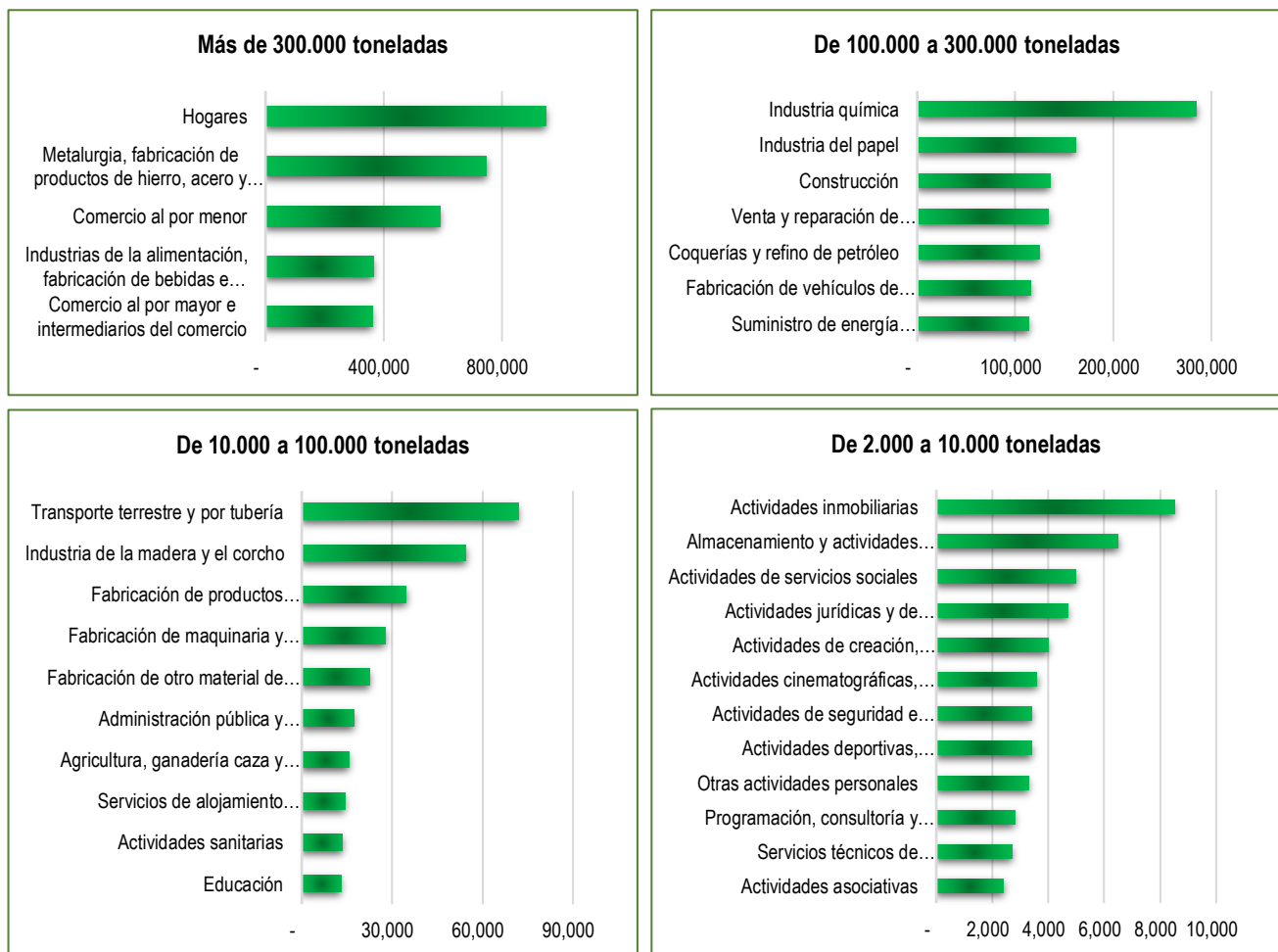
En cuanto al estudio de la tendencia, aquellos sectores que no se comportan de manera clara alcanzan los diecisiete sectores, representados en el gráfico siete del Anexo. Dentro de ellos, se contemplan seis ramas productivas que no contemplan este tipo de gas en sus cuentas de emisiones a la atmosfera algunos ejemplos son pesca y acuicultura o reparación e instalación de maquinaria y equipo.

Por otra parte, en cuanto a términos de eficiencia, se puede comprobar en el gráfico veinticuatro cómo la gran mayoría de los sectores contemplan esta sustancia contaminante, a excepción de dos que se comentará más adelante, con una evolución favorable. Dado el convencionalismo de este gas por ejemplo en aires acondicionados, o extintores de incendios, la innovación y la reducción es clara al apreciar este conjunto de

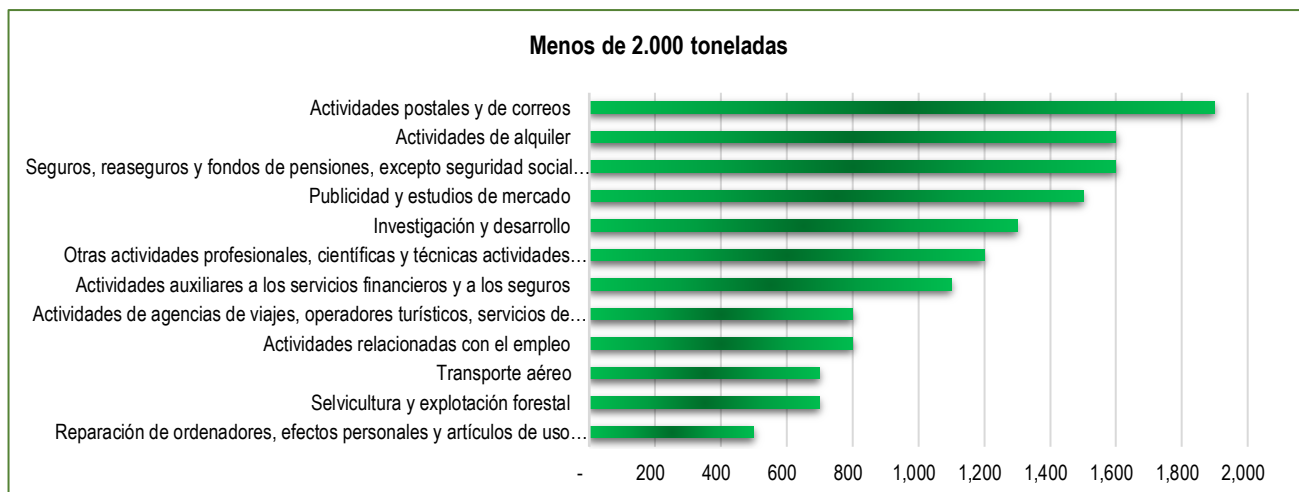
gráficos, pero siguen elevadas dado el potencial de calentamiento global que generan por lo que se deberá seguir con estas reducciones paulatinas.

Además de remarcar la necesidad de continuar con estas mejoras, bien sea renovando la maquinaria o instalaciones que requieran este tipo de productos por HFC que tenga un menor indicador de calentamiento global o bien, buscando alternativas que sigan esta misma línea, se deben tener en cuenta los criterios impuestos por la propia Unión Europea. El Reglamento sobre los gases fluorados publicado en 2014, busca reducir las entidades comercializadores hasta un 79% para 2030, asimismo al existir diferentes variantes de este tipo de producto se busca, según indicadores de impacto global, implantar tramos para la comercialización de estos con el objetivo de proteger el medio ambiente de aquellos que posean indicadores más elevados e incentivando el uso aquellas que tenga un impacto inferior (Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea, 2014).

**Gráfico 24. Emisiones directas de HFC en sectores eficientes. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**





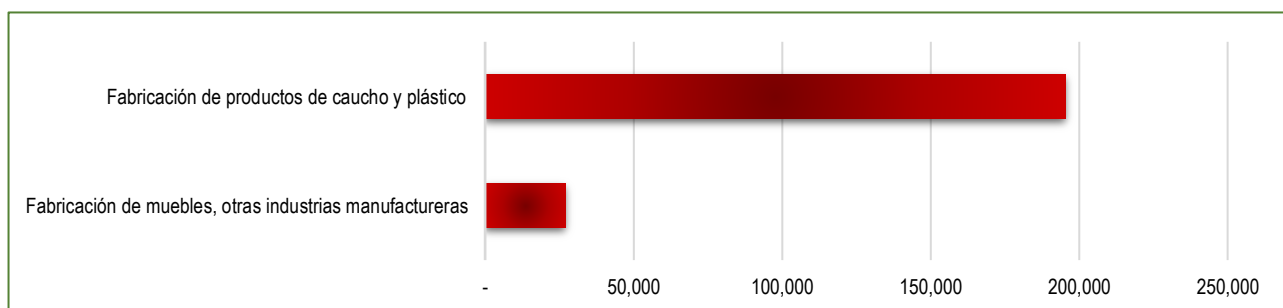


Fuente: Elaboración propia.

En cuanto ineficiencia se refiere, como ya adelantamos previamente, dos sectores son los que han seguido un comportamiento creciente de emisiones a lo largo de estos diez años. Destaca principalmente la actividad económica de fabricación de productos de caucho y plástico.

Este sector, siendo el cuarto coeficiente directo más elevado, está completamente condicionado por su producción. Las actividades que abarca este sector, además de la producción de envases y embalajes de plásticos, también contempla la fabricación de productos plásticos para la construcción. En esta actividad, se incluyen elementos como poliestirenos que pueden ser expandidos utilizando dióxido de carbono o HFC, elementos que intervienen en el efecto invernadero, y que lo convierten en un sector con emisiones elevadas. Dado el elevado coeficiente y el escenario ineficiente que presenta, se deberá contemplar el uso de nuevas técnicas o materiales por el conjunto de empresas que conforman el sector que permitan una reducción de esta sustancia tan contaminante.

**Gráfico 25. Emisiones directas de HFC en sectores ineficientes. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente**



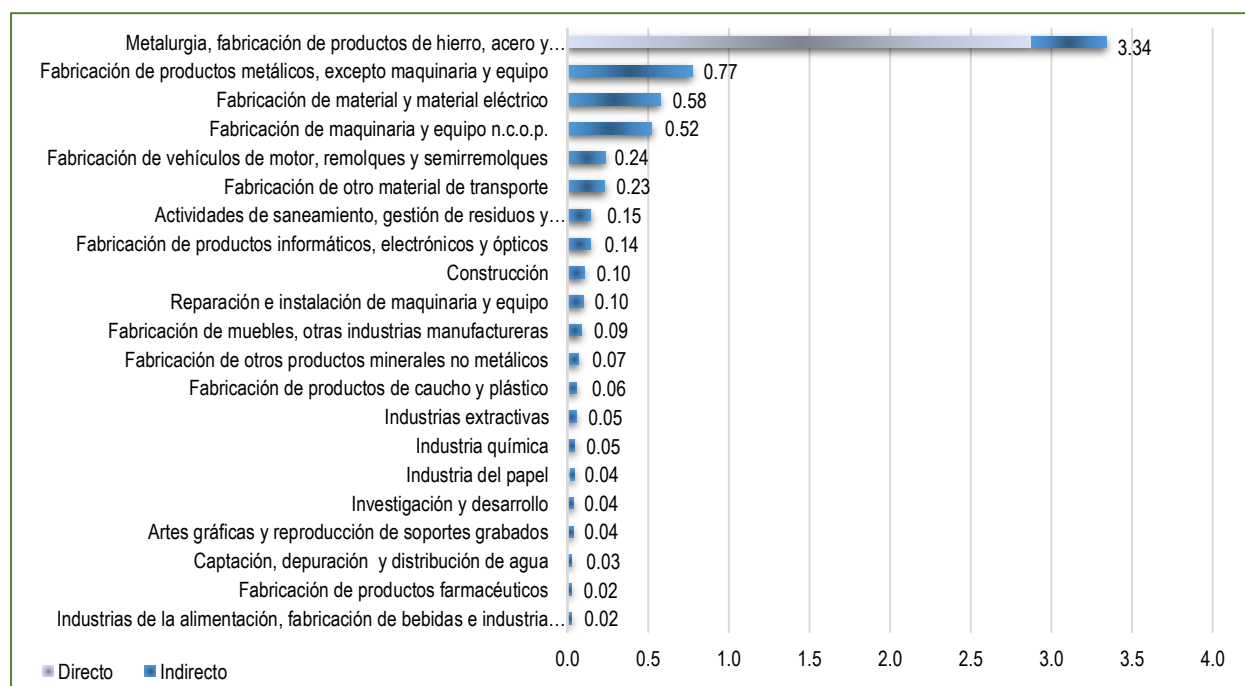
Fuente: Elaboración propia.

## Compuestos polifluorcarbonados (PFC)

Los compuestos polifluorcarbonados (PFC) forman parte del grupo de gases fluorados. Su uso es menos común por las actividades económicas que los compuestos hidrogenofluorcarbonados (HFC). La fuente principal de esta sustancia es la producción del aluminio, pero también se puede atribuir una parte a la limpieza en el sector electrónico, como en la producción de cosméticos y productos farmacéuticos para la extracción de elementos de origen natural, por último también se puede encontrar en elementos antiguos contra incendios (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2019).

En cuanto al gráfico a continuación, se demuestra nuevamente los sectores en los que se ve influenciado un mayor volumen por millón de euros de producción. Nuevamente metalurgia, fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones, donde se efectúan actividades de manejo de aluminio, determina un impacto directo mayor; por otra parte sectores como fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo presenta el mayor coeficiente indirecto debido a la dependencia del primer sector comentado, del mismo modo se han seguido de manera conjunta estudios y seguimientos por partes de las empresas que conforman ambos sectores para hacer frente a un cambio que incentive la sustitución de este material.

**Gráfico 26. Impacto total de PFC en un conjunto de sectores. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente por millón de euros.**



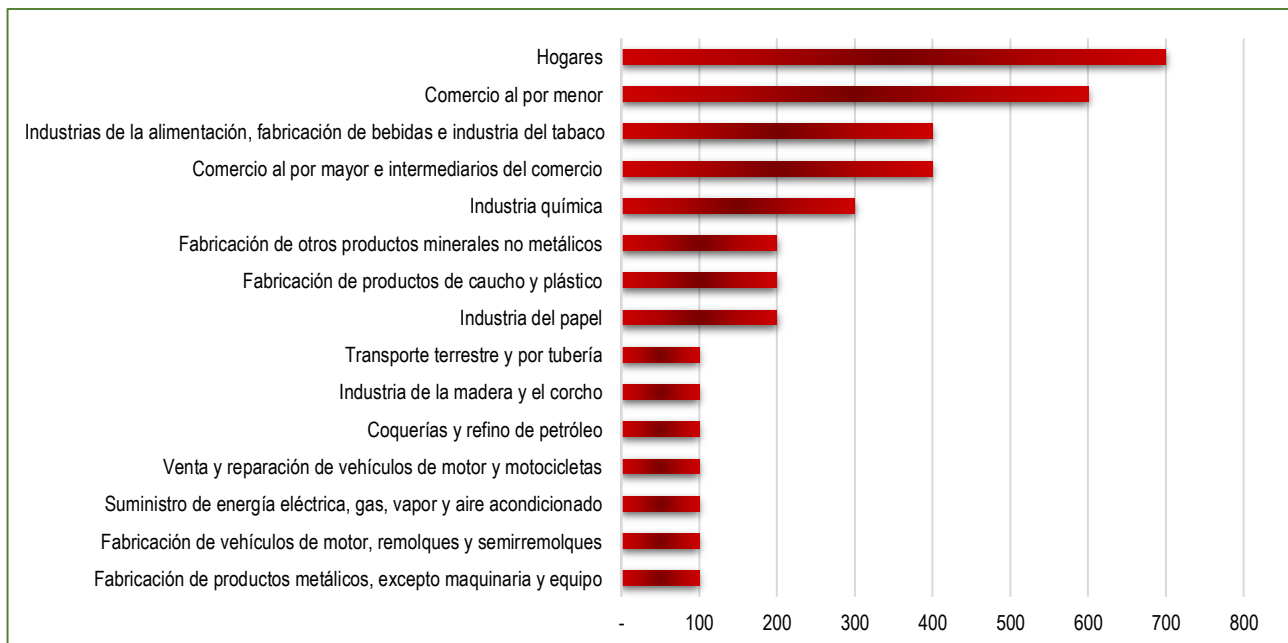
Fuente: Elaboración propia. Datos del INE.

En este caso, se cuenta con cuarenta y nueve sectores que no emiten este tipo de gas de manera directa por lo que no se puede describir un estudio de la tendencia. Del resto de sectores, se contempla metalurgia, fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones con una tendencia que no es clara, apreciable en el gráfico ocho del Anexo. Esta actividad económica, como ya se adelantaba de manera previa, en el proceso productivo del aluminio emite PFC que conforman el 97% de las emisiones nacionales por lo que se deberá tener especial cuidado en estas actividades dado el elevado peso que representa sobre la contaminación del país.

Por otra parte en cuanto a este gas no se ha podido estudiar resultados eficientes para ninguno de los sectores que emite de manera directa este compuesto, dato poco favorecedor debiendo remarcar un marco normativo que respalde, al igual para los HFC, un plan de reducción de este compuesto; así, se entiende como el resto de sectores han ido aumentando de manera significativa sus niveles de emisiones por millón de euros producido.

En el gráfico destaca los hogares y el comercio al por menor al que se puede asociar el consumo de “detergentes, disolventes, en la industria del teflón para utensilios de cocina, el velcro como también en algunos tipos de envoltorios y envases”, productos compuestos por flúor y carbono que pueden emitir este tipo de gas según indica ECODES. (Boluda, 2011).

**Gráfico 27. Emisiones directas de HFC en sectores ineficientes. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



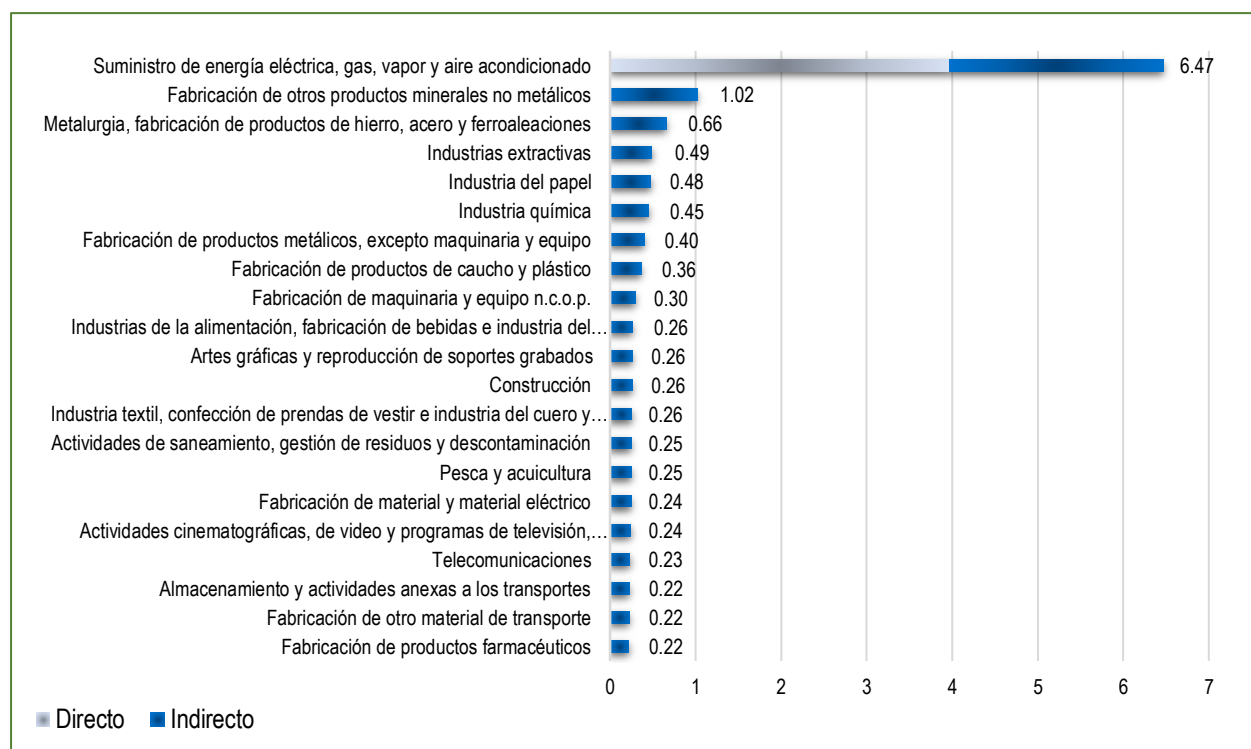
Fuente: Elaboración propia.

## Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

El hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>), el último compuesto que forma parte del grupo de gases fluorados, es mucho menos común que los dos anteriores, su uso es frecuente en los equipos aislantes de industrias eléctricas dado el alto voltaje que se maneja y la necesidad de enfriar el equipo de cables que lo conforman.

En cuanto al gráfico final de impactos directos e indirectos, se aprecia que la relación de efecto directo e indirecto es clara sobre quien recae los mayores coeficientes de este apartado, suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado; por otra parte, el resto de sectores que también tienen altos impactos ambientales contemplan únicamente efectos indirectos, debido a la dependencia de este primer sector como proveedor.

**Gráfico 28. Impacto total de SF<sub>6</sub> en un conjunto de sectores. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente por millón de euros.**



Fuente: Elaboración propia. Datos del INE.

Como ya se adelantó antes, el uso de este compuesto es muy poco generalizado, son solo dos los sectores que contemplan este gas dentro de las cuentas de emisiones a la atmósfera y son: suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado y actividades sanitarias.

El sector que más impacto tiene, y que conforma el 99% de las emisiones, es suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado, que al ser la fuente principal el material que recubre los cables es lo que ocasiona su alta emisión. Estas emisiones no han seguido un comportamiento claro de tendencia por lo que no se han visto reducciones ni aumentos paulatinos a lo largo de los diez años que se contempla datos. Cabe destacar la existencia de regulaciones dado el gran impacto que tiene este gas. Esta norma se presenta en el Real Decreto 115/2017 en el que precisa a las compañías a realizar un seguimiento de estos residuos, expresando que “deberán ser recuperados o destruidos de la corriente de fluido residual antes de su emisión”, por lo que se podría esperar, a resultados futuros, reducciones dado la rigidez normativa que mantiene (Real Decreto 115/2017, de 18 de febrero).

Por otra parte, el sector de actividades sanitarias, quien contempla solo 1% de las emisiones tampoco ha seguido un comportamiento claro de tendencia. Su uso, según la revista Panorama Actual del Medicamento (PAM), se contempla como terapia oftalmológica por lo que puede explicar su bajo nivel emisión, pero dada la evolución, han de buscar alternativas que permitan dar resultados buenos tanto para la salud, como para el medio ambiente (Alañón Pardo & Alañón Pardo, 2016). Ambas representaciones se contemplan en gráfico nueve del Anexo

## Proyecciones.

Una vez establecidos los resultados del estudio de la tendencia en los coeficientes de emisión mediante el análisis dinámico planteado con anterioridad, a continuación, se buscará proyectar las emisiones para los diferentes gases y para la diferentes actividades económicas para 2030.

Según la ecuación once planteada previamente, para recoger los resultados es necesario el uso de dos elementos. El primero de ellos, la producción para dicho año, será definido a partir de las perspectivas de evolución de la producción en las distintas ramas de actividad que elabora regularmente el Centro de Predicción Económica (CEPREDE) con su modelo multisectorial; en segundo lugar, para el caso de los coeficientes será necesario una proyección a medio plazo.

Esta estimación se evaluará a partir de la incorporación de diferentes tipos de tendencia a la regresión lineal. Con el objetivo de buscar el mejor ajuste entre las alternativas analizadas, se usará como criterio un error mínimo comparado entre las diferentes alternativas, y, además ausencia de valores negativos de los coeficientes para los periodos estimados.

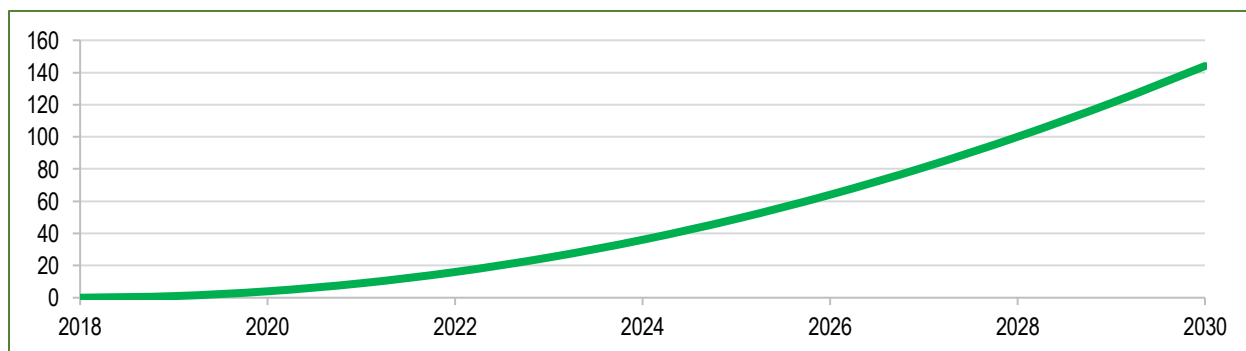
Se contemplaron varias alternativas, entre ellas, además de la tendencia lineal, aplicada en la ecuación catorce, se usaron las siguientes ecuaciones:

- **Tendencia cuadrática:** siendo una alternativa frente a la tendencia lineal cuando el fenómeno, en este caso las el coeficiente de emisión, se comportan como una parábola.

$$\text{Coeficientes de emisión}_x = \beta_0 + \beta_1 * (\text{tendencia lineal})^2$$

*Ecuación 15. Regresión cuadrática de coeficientes de emisión*

**Gráfico 29. Tendencia cuadrática**



Fuente: Elaboración propia.

- **Tendencia constante:** siendo otra opción frente a un comportamiento estable a lo largo del periodo.

$$\text{Coeficientes de emisión}_x = \beta_0$$

*Ecuación 16. Regresión constante de coeficientes de emisión*

**Gráfico 30. Tendencia constante**



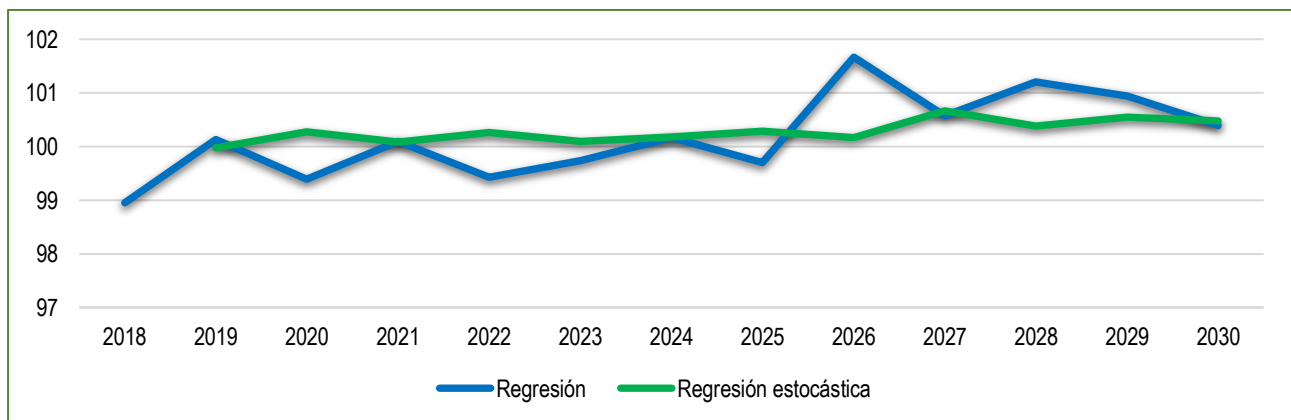
Fuente: Elaboración propia.

- **Tendencia estocástica:** esta alternativa, plasmada a través del ejemplo de una serie normal, se busca al definir los coeficientes de emisión como la combinación lineal de su periodo previo y un término independiente.

$$\text{Coeficientes de emisión}_x = \beta_0 + \beta_1 * \text{Coeficientes de emisión}_{(-1)_x}$$

*Ecuación 17. Regresión estocástica de coeficientes de emisión*

**Gráfico 31. Tendencia estocástica**



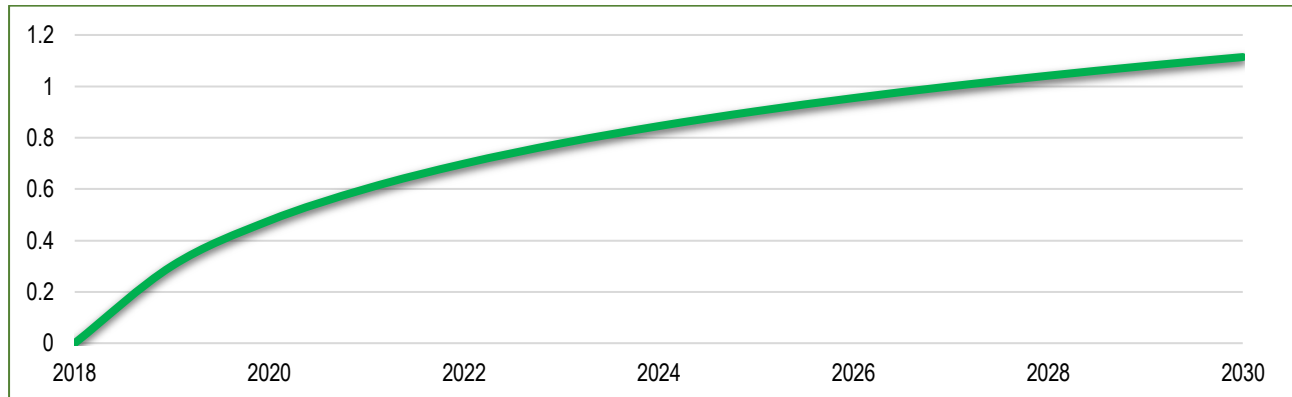
Fuente: Elaboración propia.

- **Tendencia logarítmica:** en este caso, la línea curva hace referencia a aumentos o disminuciones rápidas, seguido de una estabilización del fenómeno a lo largo del tiempo.

$$\text{Coeficientes de emisión}_x = \beta_0 + \beta_1 * \log(\text{tendencia lineal})$$

*Ecuación 18. Regresión logarítmica de coeficientes de emisión*

**Gráfico 32. Tendencia logarítmica**



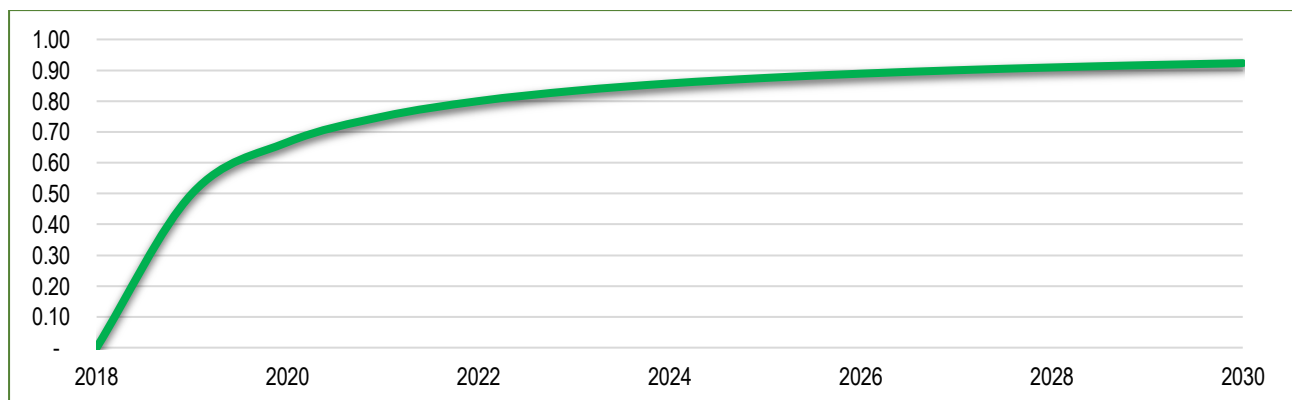
Fuente: Elaboración propia.

- **Tendencia en base a la probabilidad del Odds ratio:** Esta última opción, trata de proyectar aumentos o disminuciones más rápidos a corto plazo que la tendencia logarítmica, seguido de una estabilización más notoria a lo largo del resto de periodos.

$$\text{Coeficientes de emisión}_x = \beta_0 + \beta_1 * \frac{\text{tendencia lineal}}{\text{tendencia lineal} + 1}$$

*Ecuación 19. Regresión en base a la probabilidad del Odds ratio de coeficientes de emisión*

**Gráfico 33. Tendencia en base a la probabilidad del Odds ratio**



Fuente: Elaboración propia.



A continuación, se reflejarán los resultados para los diferentes Gases de Efecto Invernadero. En primer lugar, se preverá si el total de emisiones estimadas de España logra cumplir los límites establecidos por la Unión Europea para 2030; seguido de ello, se definirá la aportación de cada gas a este total de emisiones; desglosando finalmente estas aportaciones por actividades económicas, concretando aquellas que tengan un mayor impacto en este escenario.

Este impacto de los sectores a las emisiones nacionales puede proceder de dos casuísticas, bien puede derivarse de variaciones en la producción o bien de variaciones en el coeficiente de emisión. En caso de atribuir las variaciones de emisiones a aumentos o reducciones en la producción de una actividad, se interpretaría, no como una ineficiencia o eficiencia de la rama productiva (caso que vendría definido a partir de una variación en los coeficientes), sino por la propia estructura productiva, definida como la combinación entre el trabajo productivo y los medios de producción que buscan satisfacer la demanda de, en este caso, el país, siendo inevitable de controlar por parte de las actividades económicas como los coeficientes de emisión.

El escenario final de un sector puede surgir tras el resultado de una las siguientes combinaciones:

**Tabla 3. Escenarios de los sectores**

		<b>Coeficiente</b>		
		<b>Aumento</b>	<b>Constante</b>	<b>Reducción</b>
<b>Producción</b>	<b>Aumento</b>	Actividad altamente contaminante	Actividad con cambios en su estructura productiva	Actividad eficiente, pero cambios en su estructura productiva
	<b>Constante</b>	Actividad ineficiente	Actividad estable, sin variaciones	Actividad eficiente
	<b>Reducción</b>	Actividad ineficiente, pero cambios en su estructura productiva	Actividad con cambios en su estructura productiva	Actividad mínimamente contaminante

Fuente: Elaboración propia.

Una vez se haya completado este análisis para el total de Gases de Efecto Invernadero (T.G.E.I), se continuará, igual que se hizo en el apartado anterior, con un desglose de los diferentes gases, pero en este caso resaltando aquellas actividades que aportan más a la emisión de los compuestos, detallando cómo se compone esta variación, previendo el escenario que seguirá y destacando si es necesario redirigir las políticas o bien reafirmarlas, optando por buscar un escenario favorable para el medio ambiente. Por último, se contará con un resumen y las conclusiones extraídas del estudio al completo para finalizar el estudio.

## Total de Gases de Efecto Invernadero (T.G.E.I)

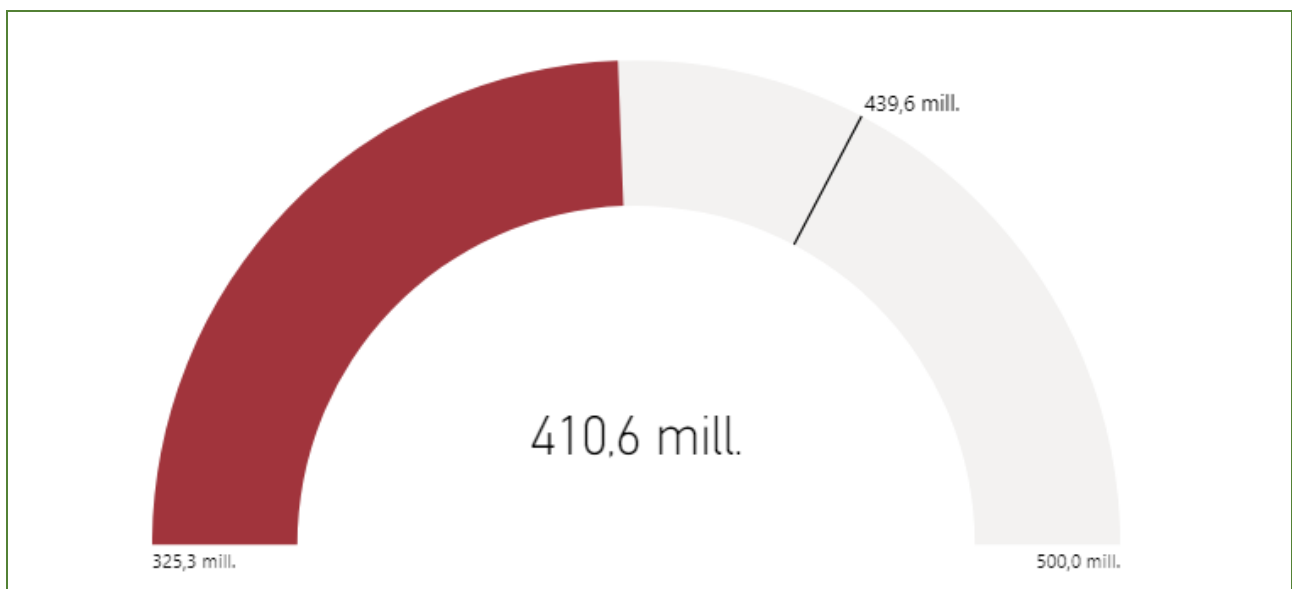
Según lo dispuesto por el Consejo Europeo y aplicando la medidas acordadas en el *Acuerdo de París*, se estableció un marco de “reparto de esfuerzos” entre los Estados miembros a partir de la creación de una serie de límites de reducción para el total de G.E.I para 2030.

La Unión Europea adoptó reducciones diferentes entre países estando “vinculados al PIB per cápita de cada Estado miembro. Los objetivos de 2030 oscilan entre 0% y -40% en comparación con los niveles de 2005 y están en línea con el objetivo general de reducción de la UE del 30%.” (Parlamento Europeo, 2018).

En el caso de España, se acordó una reducción del 26% de emisiones con respecto a las generadas en 2005. Según los datos extraídos por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico la cifra para dicho año alcanzó los cuatrocientos treinta y nueve millones seiscientos mil toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico , 2017).

En lo que respecta al gráfico siguiente, se pretende exponer el incumplimiento de los objetivos impuestos por la propia Unión Europea, considerando el punto de partida del medidor, la reducción con la que se habría comprometido España; el indicador de destino, el valor de las emisiones a 2005 publicado por el Ministerio, y finalmente la franja roja, referente al resultado de las estimaciones obtenidas.

**Gráfico 34. Total de emisiones de G.E.I. Millones de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente. 2030.**



Fuente: Elaboración propia.

En términos relativos, las emisiones estimadas en 2030 suponen una reducción del 6.6% con respecto a las emisiones de 2005 y un aumento del 20.5% con respecto a 2018. Esta variación, con respecto a nuestro último año disponible, se puede descomponer en términos de contribución de cada gas. En el gráfico siguiente, se puede distinguir como han aumentado en mayor medida el dióxido de carbono y en menor medida dos de los gases fluorados, PFC y SF<sub>6</sub>; por otra parte, se logran reducir las emisiones del óxido nitroso, el metano y los compuestos hidrogenofluorcarbonados hasta alcanzar la variación total con respecto a 2018.

**Gráfico 35. Contribución de Gases de Efecto Invernadero al total**



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, al descomponer este total de emisiones en lugar de diferentes gases por actividades económicas, obtendremos cómo ya adelantamos antes diferentes impactos derivados de la variación de la producción y/o del coeficiente de emisión.

Para dar una mejor visión a los resultados se han preparado una serie de tablas, distinguiendo por columnas en primer lugar, el sector; seguido de este, el peso relativo que tiene la actividad con respecto al total de emisiones a 2018; la variación total de emisiones, definida como la diferencia entre las emisiones de 2030 y 2018 en términos absolutos; y por último, las diferentes aportaciones, distinguiendo las variaciones de cada producción y de cada coeficiente expresadas ambas en términos relativos.

En primer lugar para las dos siguientes tablas (tabla cuatro y cinco), se han representado aquellos sectores que han desembocado en un aumento de las emisiones con respecto a 2018. En el caso de la tabla cuatro, se recoge la primera combinación definida como actividades que son altamente contaminantes, ya que son generados a partir de incrementos en la producción y en el coeficiente de emisión

En este caso, se aprecia como los sectores de transporte aéreo y fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones son quienes más peso tienen sobre las emisiones generadas en 2018, alcanzando ambos un 8.5% del 13.4% total del grupo. Por lo que se deberá tener especial cautela con estas evoluciones buscando técnicas o renovando por nueva maquinaria para conseguir reducir estos coeficientes, que a pesar de no ser muy elevados, junto con el efecto de la estructura productiva desemboca en aumentos elevados de emisiones.

En términos de máxima ineficiencia, los sectores de fabricación de productos farmacéuticos y almacenamiento y actividades anexas a los transportes poseen coeficientes muy elevados ya que, aunque contemplen un peso bajo sobre el total, deberán al igual que los sectores anteriores prever y mejorar los procesos dado el alto valor contaminante al que se estima que podrían llegar; por otra parte, la actividad de fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos tiene coeficiente a penas elevados, pero dado su alta variación en la producción pone en manifiesto como la estructura productiva de las actividades genera los aumentos de emisiones.

**Tabla 4. Aumento de las emisiones totales derivado de actividades altamente contaminantes.**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Transporte aéreo	4.6%	9,800,922.53	49%	9%
Fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones	3.9%	8,450,550.89	36%	19%
Industria química	2.9%	5,782,166.64	36%	17%
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	0.8%	2,588,781.27	47%	31%
Almacenamiento y actividades anexas a los transportes	0.2%	1,403,079.06	57%	96%
Fabricación de productos farmacéuticos	0.2%	890,442.61	40%	66%
Industria de la madera y el corcho	0.4%	713,288.13	19%	24%
Programación, consultoría y otras actividades relacionadas con la informática; servicios de información	0.1%	242,475.90	67%	13%

<b>Servicios técnicos de arquitectura e ingeniería; ensayos y análisis técnicos</b>	0.0%	139,668.92	61%	17%
<b>Telecomunicaciones</b>	0.0%	103,264.89	60%	8%
<b>Artes gráficas y reproducción de soportes grabados</b>	0.1%	95,702.17	36%	8%
<b>Investigación científica y desarrollo</b>	0.0%	62,880.85	61%	8%
<b>Edición</b>	0.0%	36,072.17	57%	30%
<b>Fabricación de muebles, otras industrias manufactureras</b>	0.0%	33,131.17	35%	18%
<b>Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos</b>	0.0%	28,193.88	32%	1%
<b>Reparación de ordenadores; efectos personales y artículos de uso doméstico</b>	0.0%	19,158.94	49%	43%
<b>Total</b>	13.4%	30,389,780.03		

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente caso, se continua con aquellos sectores que generen aumentos en las emisiones totales, pero son derivados exclusivamente de incrementos en la producción, ya que se proyecta reducciones en los coeficientes del conjunto de actividades que conforman el grupo.

Se puede apreciar como el mayor peso de los sectores se encuentran en este grupo, ya que alcanza un 64.8% del total. Cabe destacar los cuatro primeros sectores que aparecen en la tabla cinco, recogen el 56.5% del comportamiento de este gas, siendo realmente estos donde se aloja la mayor parte de las variaciones de estas emisiones.

En este grupo, se comprueba como las reducciones en las emisiones al no son realmente elevadas, se convierten en aumentos al introducir incrementos en la producción. Esta producción que es realmente incontrolable por parte de las empresas que componen los sectores, será necesario que investiguen en métodos de optimización en estos coeficientes para alcanzar una mayor reducción que mitigue este efecto de la estructura productiva.

**Tabla 5. Aumento de las emisiones totales derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva.**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Hogares <sup>1</sup>	21.0%	28,238,556.58	47%*	-5%
Transporte terrestre y por tubería	9.4%	12,381,333.55	52%	-9%
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	8.7%	10,145,603.32	39%	-3%
Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	17.4%	5,590,507.00	28%	-14%
Coquerías y refino de petróleo	4.3%	5,140,549.41	42%	-4%
Industrias de la alimentación, fabricación de bebidas e industria del tabaco	1.2%	1,152,681.60	35%	-4%
Actividades sanitarias	0.3%	353,609.20	47%	-11%
Transporte marítimo y por vías navegables interiores	0.9%	319,656.62	55%	-29%
Construcción	0.2%	199,870.60	105%	-36%
Pesca y acuicultura	0.8%	178,132.39	23%	-14%
Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques	0.2%	33,483.23	35%	-23%
Actividades auxiliares a los servicios financieros y a los seguros	0.0%	19,382.90	60%	-30%
Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	0.2%	17,968.26	38%	-25%
Actividades postales y de mensajería	0.0%	15,575.33	55%	-25%
Silvicultura y explotación forestal	0.0%	11,229.07	21%	-8%
Actividades de producción cinematográfica, de video y programas de televisión	0.0%	9,287.27	58%	-31%
Captación, depuración y distribución de agua	0.0%	6,200.08	27%	-14%
Reparación e instalación de maquinaria y equipo	0.0%	6,149.56	38%	-15%
Actividades inmobiliarias	0.0%	5,137.79	57%	-31%
Actividades de creación artísticas y espectáculos	0.0%	201.37	48%	-32%
<b>Total</b>	<b>64.8%</b>	<b>63,825,115.13</b>		

Fuente: Elaboración propia.

<sup>1</sup> En el caso específico de los hogares, las variaciones son de consumo, en lugar de producción

Una vez valoradas aquellas actividades que generan incrementos en las emisiones totales, se continuará con aquellas que las reducen. Para este conjunto de sectores se estiman variaciones más elevadas de los coeficientes consiguiendo superar el efecto de la estructura productiva que impedía obtener menores emisiones con respecto a 2018 en la tabla anterior.

En términos genéricos, se contempla el 21.8% del peso total sobre las emisiones de 2018, siendo un dato no muy elevado, pero gracias a la actuación de este conjunto de sectores, se evita alcanzar valores más elevados de dióxido de carbono.

Cabe señalar la presencia del sector agrícola, ya que es el que más peso tiene sobre el total de emisiones en este conjunto. En este caso, al continuar con el comportamiento que han ido llevando a lo largo de los diez años, cabe recordar que los resultados demuestran un comportamiento eficiente, se proyecta un escenario favorable a pesar de los incrementos en la producción.

**Tabla 6. Reducción de las emisiones totales derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva.**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Agricultura, ganadería caza y servicios relacionados con las mismas	13.4%	- 16,052,261.45	20%	- 46%
Comercio al por mayor e intermediarios, excepto vehículos de motor y motocicletas	0.9%	- 2,751,035.34	55%	- 94%
Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	0.8%	- 2,221,363.36	55%	- 87%
Recogida y tratamiento de aguas residuales; recogida, tratamiento y eliminación de residuos	3.4%	- 840,228.59	32%	- 30%
Servicios de alojamiento; servicios de comidas y bebidas	0.2%	- 531,264.20	43%	- 91%
Fabricación de productos de caucho y plástico	0.3%	- 359,030.42	33%	- 56%
Industria textil, confección de prendas de vestir e industria del cuero y del calzado	0.2%	- 334,279.85	0%	- 43%
Actividades asociativas	0.1%	- 243,319.84	58%	- 75%
Industria del papel	0.8%	- 178,065.88	29%	- 28%
Actividades de seguridad e investigación	0.0%	- 124,779.05	53%	- 92%
Educación	0.2%	- 107,130.19	46%	- 40%

<b>Actividades jurídicas y de contabilidad; actividades de las sedes centrales; consultoría de gestión empresarial</b>	0.1%	- 92,347.11	53%	- 66%
<b>Fabricación de otro material de transporte</b>	0.1%	- 83,331.77	41%	- 56%
<b>Venta y reparación de vehículos de motor y motocicletas</b>	0.2%	- 65,533.95	54%	- 42%
<b>Actividades de servicios sociales</b>	0.1%	- 64,350.65	50%	- 42%
<b>Fabricación de material y material eléctrico</b>	0.2%	- 59,384.95	37%	- 34%
<b>Otros servicios personales</b>	0.0%	- 53,116.92	48%	- 69%
<b>Servicios financieros, excepto seguros y fondos de pensiones</b>	0.0%	- 48,028.93	56%	- 68%
<b>Publicidad y estudios de mercado</b>	0.0%	- 38,339.41	55%	- 92%
<b>Actividades de alquiler</b>	0.0%	- 35,254.88	55%	- 88%
<b>Actividades de agencias de viajes, operadores turísticos, servicios de reservas y actividades relacionadas con los mismos</b>	0.0%	- 26,065.78	42%	- 79%
<b>Seguros, reaseguros y fondos de pensiones, excepto seguridad social obligatoria</b>	0.0%	- 20,779.03	45%	- 78%
<b>Fabricación de maquinaria y equipo</b>	0.2%	- 20,401.55	37%	- 29%
<b>Actividades deportivas, recreativas y de entretenimiento</b>	0.0%	- 17,214.69	52%	- 64%
<b>Otras actividades profesionales, científicas y técnicas; actividades veterinarias</b>	0.0%	- 9,179.61	58%	- 55%
<b>Actividades relacionadas con el empleo</b>	0.0%	- 2,219.64	55%	- 59%
<b>Industrias extractivas</b>	0.5%	- 1,802.36	15%	- 13%
<b>Total</b>	<b>21.8%</b>	<b>- 24,380,109.41</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar el apartado de total de Gases de Efecto Invernadero y continuar con la distinción por gases, se puede comprobar cómo de forma genérica gran parte de los sectores, más en concreto cuarenta y siete actividades económicas, son eficientes.

A pesar de poder comprobar que más de la mitad de los sectores continúan reduciendo sus coeficientes a lo largo del tiempo, la estructura productiva impide para veinte de ellos reduzcan sus emisiones. Para evitar este aumento de las emisiones, el coeficiente debe reducirse en una mayor cantidad permitiendo que mitigue los efectos de altas producciones, o por otra parte, replantear los acuerdos teniendo en cuenta que los posibles incrementos en producción dificultará la reducción en las emisiones con las que nos hemos comprometido.



## Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Para el caso del dióxido de carbono, al igual que para el resto de gases, se plantean una serie de tablas en las que se incluirá aquel conjunto de sectores con mayor peso sobre el total de gas hasta alcanzar al menos un 90% del peso sobre el total de emisiones, es decir, se usarán a continuación aquella parte del conjunto de sectores que influyen de manera importante en el comportamiento del gas.

En primer lugar se expresarán aquellos sectores que suponen un aumento a las emisiones de CO<sub>2</sub>, en concreto en la tabla siete, se ha seleccionado diez sectores de un total de dieciocho que mantienen un comportamiento altamente contaminante. En este conjunto, donde el peso total es de 16.9% se ha representado un 16.6% siendo las actividades que más emisiones generan.

Se puede apreciar cómo la rama productiva de transporte aéreo y actividades sanitarias mantienen un leve aumento sobre la variación de sus coeficientes, pero el incremento en la producción desemboca en aumentos elevados en las emisiones.

Por otra parte, se ve altas ineficiencias estimadas en la fabricación de productos farmacéuticos y el almacenamiento y actividades anexas a los transportes que, aunque tienen un reducido peso sobre el conjunto, se deberá tomar medidas para alejar las proyecciones de la realidad para 2030 optando por buscar mejores resultados.

**Tabla 7. Aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivado de actividades altamente contaminantes.**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Transporte aéreo	5.5%	9,682,112.21	49%	9%
Fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones	4.4%	8,599,902.48	36%	24%
Industria química	3.0%	5,350,465.85	36%	21%
Administración pública y defensa; seguridad social obligatoria	1.0%	2,561,048.83	47%	32%
Recogida y tratamiento de aguas residuales; recogida, tratamiento y eliminación de residuos	0.6%	1,562,678.57	32%	48%
Almacenamiento y actividades anexas a los transportes	0.2%	1,382,920.63	57%	98%
Industrias de la alimentación, fabricación de bebidas e industria del tabaco	1.1%	1,221,555.90	35%	4%

<b>Fabricación de productos farmacéuticos</b>	0.1%	837,559.11	40%	118%
<b>Industria de la madera y el corcho, excepto muebles; cestería y espartería</b>	0.5%	676,498.10	19%	25%
<b>Actividades sanitarias</b>	0.3%	374,447.83	47%	2%
<b>Total</b>	<b>16.6%</b>	<b>32,249,189.51</b>		

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente conjunto, representado en la tabla ocho, se valora una reducción de los coeficientes, pero las elevadas variaciones en la producción generan altas emisiones, lo que resulta desfavorable para el medio ambiente.

En especial, se aprecian los hogares en el que se estima un elevado consumo y dado el elevado peso conllevan un gran impacto sobre las emisiones totales. También cabe destacar, la fabricación de otros productos minerales no metálicos, el transporte terrestre y por tubería ya que poseen también un peso considerable, debiendo, como señalábamos antes, fomentar una reducción más importante sobre los coeficientes o, ya en términos internacionales, valorar la importancia de la producción en los acuerdos.

**Tabla 8. Aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva**

<b>Sector</b>	<b>Peso de 2018 sobre el total (%)</b>	<b>Variación total de emisiones (Toneladas de CO<sub>2</sub> - eq)</b>	<b>Variaciones en producción (%)</b>	<b>Variaciones en coeficientes (%)</b>
<b>Consumo de los hogares</b>	24.3%	29,020,129.91	47%	- 3%
<b>Transporte terrestre y por tubería</b>	11.1%	11,861,422.08	52%	- 9%
<b>Fabricación de otros productos minerales no metálicos</b>	10.4%	10,013,339.19	39%	- 3%
<b>Coquerías y refino de petróleo</b>	5.1%	5,135,860.10	42%	- 4%
<b>Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado</b>	20.4%	5,019,606.91	28%	- 15%
<b>Transporte marítimo y por vías navegables interiores</b>	1.1%	317,053.53	55%	- 29%
<b>Construcción</b>	0.2%	192,660.56	105%	- 32%
<b>Pesca y acuicultura</b>	1.0%	157,646.88	23%	- 14%
<b>Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques</b>	0.3%	113,671.40	35%	- 14%
<b>Industrias extractivas</b>	0.6%	106,177.76	15%	- 7%
<b>Total</b>	<b>74.4%</b>	<b>61,937,568.32</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se presenta a continuación el conjunto de ramas productivas que consigue reducir en mayor medida estas emisiones con respecto a 2018. En este caso, la producción no ha contrarrestado los efectos de los coeficientes por parte de las actividades económicas, siendo datos favorecedores para evitar un incremento mayor en el total de emisiones.

**Tabla 9. Reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Comercio al por mayor e intermediarios, excepto vehículos de motor y motocicletas	0.9%	- 2,425,791.06	55%	- 95%
Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	0.8%	- 1,886,837.81	55%	- 91%
Servicios de alojamiento; servicios de comidas y bebidas	0.2%	- 531,146.04	43%	- 93%
Fabricación de productos de caucho y plástico	0.2%	- 482,903.07	33%	- 80%
Industria textil, confección de prendas de vestir e industria del cuero y del calzado	0.2%	- 282,745.30	0%	- 41%
Actividades asociativas	0.1%	- 241,185.26	58%	- 75%
Actividades de seguridad e investigación; servicios a edificios y actividades de jardinería; actividades administrativas de oficina y auxiliares a las empresas	0.0%	- 123,355.56	53%	- 93%
Educación	0.3%	- 102,751.02	46%	- 40%
Actividades jurídicas y de contabilidad; actividades de las sedes centrales; consultoría de gestión empresarial	0.1%	- 94,405.44	53%	- 68%
Fabricación de otro material de transporte	0.1%	- 80,910.16	41%	- 59%
<b>Total</b>	<b>3.0%</b>	<b>- 6,252,030.71</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, y en resumen, se contempla cuarenta y cinco sectores con una reducción en sus coeficientes, considerando datos como favorables, pero el incremento de la producción obstaculiza el alcance de los acuerdos adoptados con la comunidad internacional, obteniendo únicamente veintiún sectores capaces de reducir sus emisiones con respecto a los niveles de 2018.

Por otra parte, los sectores considerados como eficientes, pero su actividad productiva desemboca en aumentos de emisiones, resultan el 79.4% de las emisiones con respecto a 2018. Cabe destacar que estos efectos podrían ser mayores para aquellos casos que no logren estas reducciones de los coeficientes en un futuro, lo que impediría estar aún más lejos de los objetivos impuestos por la comunidad internacional y convirtiéndose en actividades que deben mantener o aumentar los esfuerzos contra el cambio climático para evitar peores proyecciones.

Dado que los siguientes gases se emiten de una forma menos atomizada, sino que con el conjunto de pocos sectores alcanzan el 90% del total de emisiones, se representarán únicamente estos grupos para estudiar la evolución de aquellas actividades que tienen más responsabilidad en la modificación de estos gases.

## Metano (CH<sub>4</sub>)

En el caso del metano, se podrá comprobar que con menos actividades económicas, seis, se alcanzará un elevado comportamiento. Según la evolución a medio plazo que se ha estimado, se puede diferenciar tres grupos:

El primero, engloba aquellas ramas productivas que sufren un incremento en su producción y de su coeficiente, demostrando que mediante indicios de ineficiencia añadiendo el factor productivo, se desemboca en aumentos de las emisiones totales.

Ya se comprobaba en el análisis de coeficientes, como se asociaba las emisiones en el sector eléctrico a los escapes de gas natural, debiendo contemplar mejoras en estos sistemas para evitar alcanzar estas proyecciones o seguir la misma línea, dada la ineficiencia actual que sigue.

**Tabla 10. Aumento de las emisiones de CH<sub>4</sub> derivado actividades altamente contaminantes**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	1.9%	395,767.35	28%	26%
Industrias de la alimentación, fabricación de bebidas e industria del tabaco	1.7%	228,042.45	35%	4%
<b>Total</b>	<b>3.6%</b>	<b>623,809.79</b>		

Fuente: Elaboración propia.

El segundo grupo, engloba aquellas ramas productivas que sufren un incremento en su producción y una reducción en su coeficiente, pudiendo asociarlo a actividades eficientes en los sectores.

En ambos grupos en los que se contempla incrementos de las emisiones alcanzan un peso del 7.2% de las emisiones, en otros términos, treinta y cinco actividades incrementan sus emisiones con respecto a 2018. Se demuestra como tres de ese conjunto alcanzan más de la mitad de este comportamiento, donde una de estas tres o dieciséis del total, consiguen reducir sus coeficientes de emisión.

**Tabla 11. Aumento de las emisiones de CH<sub>4</sub> derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Industria química	1.9%	159,381.42	36%	-8%
Total	1.9%	159,381.42		

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se representan aquellas ramas productivas en las que se estiman reducciones en las emisiones con respecto a 2018. En la siguiente tabla, se contempla una amplia diferencia con respecto al peso de las emisiones, siendo en este caso con gran diferencia mayor.

Se puede considerar estos datos como favorables dado que, además de alcanzar reducciones frente al efecto de la estructura productiva, son aquellas actividades económicas que más influyen en el comportamiento de emisiones de este gas. A su vez, son visibles estos resultados en las reducciones de emisiones totales representadas en el gráfico treinta y seis.

**Tabla 12. Reducción de las emisiones de CH<sub>4</sub> derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Agricultura, ganadería caza y servicios relacionados con las mismas	62.7%	- 7,568,928.51	20%	- 46%

<b>Recogida y tratamiento de aguas residuales; recogida, tratamiento y eliminación de residuos.</b>	26.6%	- 2,250,869.88	32%	- 43%
<b>Consumo de los hogares</b>	2.3%	- 128,943.47	47%	- 43%
<b>Total</b>	91.6%	- 9,948,741.86		

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar, un total de cuarenta y un sectores proyectan una reducción de sus coeficientes, pero veinticinco de estos han conseguido disminuir sus emisiones con respecto a 2018.

Nuevamente, se demuestra el poder de la estructura productiva, pero al obtener mejores resultados en aquellas actividades que influyen más en el comportamiento de este gas, favorece a que se proyecte una reducción de más del cuarenta por ciento con respecto a 2018.

## Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O)

En el caso del óxido nitroso, su comportamiento lo concentra en mayor medida el sector agrícola, y en menor medida cuatro actividades económicas, el resto de ramas productivas contemplan un peso menor al 2% sobre el total de emisiones de N<sub>2</sub>O. Se puede distinguir, igual que en el caso del metano, tres grupos:

En el primer grupo, se aprecia como el sector del transporte terrestre y por tubería posee un elevado incremento en su coeficiente y de su producción. Al ser la producción incontrolable por parte de las empresas del sector, en caso de continuar con los esfuerzos en introducir transportes de pasajeros eléctricos, serán capaces de mitigar esta proyección y convertir este escenario en uno más favorable para el sector y el país.

**Tabla 13. Aumento de las emisiones de N<sub>2</sub>O derivado actividades altamente contaminantes**

<b>Sector</b>	<b>Peso de 2018 sobre el total (%)</b>	<b>Variación total de emisiones (Toneladas de CO<sub>2</sub> - eq)</b>	<b>Variaciones en producción (%)</b>	<b>Variaciones en coeficientes (%)</b>
<b>Transporte terrestre y por tubería</b>	2.3%	579,425.32	52%	57%
<b>Industria química</b>	2.4%	220,630.21	36%	11%
<b>Total</b>	4.7%	800,055.53		

Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, vemos cómo los esfuerzos de las industrias por aumentar los vehículos privados eléctricos siguen en línea con la predicción, que, a pesar del aumento de emisiones derivado del aumento del consumo previsto para dicho año, han servido como freno evitando que sean mucho mayores estas emisiones.

**Tabla 14. Aumento de las emisiones de N<sub>2</sub>O derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Consumo de los hogares	3.7%	167,687.00	47%	- 15%
Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	2.6%	110,767.01	28%	- 4%
<b>Total</b>	<b>6.4%</b>	<b>278,454.01</b>		

Fuente: Elaboración propia.

En el último grupo resalta la presencia de ambos sectores que más peso alcanzan sobre este gas, agricultura, ganadería, caza y servicios relacionados con las mismas y Recogida y tratamiento de aguas residuales; recogida, tratamiento y eliminación de residuos.

En el caso del sector agrícola que contempla el 78% del comportamiento de esta sustancia contaminante. Cabe recordar que su emisión se deriva por ejemplo del uso de agentes fertilizantes nitrogenados, debiendo, tras contemplar el gran impacto que recae sobre el gas, reafirmar la necesidad de mejorar esta técnica o de usar alternativas capaces de reducir su coeficiente, tal y como han ido siguiendo.

Por otra parte, las actividades de saneamiento con casi un 6%, a pesar de estimar un aumento en la producción, el efecto final se mitiga gracias a los coeficientes. De esta forma, para conseguir estas proyecciones será necesario continuar con el fomento de técnicas capaces de reducir estas emisiones. Por ejemplo, buscar técnicas, que tras la quema de residuos, permitan aprovechar este gas o bien transformarlo en elementos menos nocivos para el ecosistema.

**Tabla 15. Reducción de las emisiones de N<sub>2</sub>O derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Agricultura, ganadería caza y servicios relacionados con las mismas	78.6%	- 8,493,479.43	20%	- 66%
Recogida y tratamiento de aguas residuales; recogida, tratamiento y eliminación de residuos	5.9%	- 152,037.27	32%	- 35%
<b>Total</b>	<b>84.6%</b>	<b>- 8,645,516.71</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se puede establecer que de las cuarenta y seis actividades en la que se estima una reducción, en términos de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalentes por millón de euros producido, veinticuatro son capaces de superar el efecto productivo.

Se puede tomar estos datos como favorecedores, ya que al encontrar las ramas productivas que más peso tienen sobre esta emisión y al observar la evolución que han ido llevando, permiten que se proyecte una reducción del veintisiete por ciento con respecto a 2018.

## Compuestos hidrogenofluorcarbonados (HFC)

Para los gases fluorados, cabe recordar que los compuestos hidrogenofluorcarbonados (HFC) son los más comunes, seguido de los compuestos polifluorcarbonados (PFC) y mucho menos común, con apenas dos actividades económicas, el hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>),

En el caso del HFC, su comportamiento está más atomizado que los anteriores gases contaminantes, exceptuando el dióxido de carbono, pudiendo distinguir más actividades económicas divididas en tres grupos:

Primeramente, en el gráfico diecisiete se tratan aquellos aumentos derivados de variaciones positivas en la producción y del coeficiente. En él, se contempla la industria del caucho y plástico que posee un elevado incremento del coeficiente y de su producción, lo que lo convierte en un foco emisor bastante importante.



Una solución ante ello, es el uso de compuestos HFC con un menor indicador de calentamiento global, tal y como se recomienda según las normativas, o bien encontrar algún elemento sustitutivo que cumpla con las normativas impuestas por el Parlamento Europeo y que sigan un mejor cuidado del medio ambiente.

**Tabla 16. Aumento de las emisiones de HFC derivado actividades altamente contaminantes**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Fabricación de productos de caucho y plástico	3.9%	150,622.15	33%	33%
Fabricación de otros productos minerales no metálicos	3.8%	85,750.99	39%	4%
<b>Total</b>	<b>7.7%</b>	<b>236,373.14</b>		

Fuente: Elaboración propia.

En el siguiente grupo, destaca la industria química, que posee un elevado peso, pero a pesar de las reducciones que se proyectan en su coeficiente, se estiman aumentos en las emisiones totales. Cabe añadir, que estos sectores consiguen que el efecto de este compuesto sea mucho menor, ya que deriva en exclusiva de incrementos en producción, siendo estos incontrolables por parte de las empresas.

**Tabla 17. Aumento de las emisiones de HFC derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Industria química	5.6%	51,389.12	36%	- 13%
Construcción	2.7%	4,627.11	105%	- 50%
Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	1.7%	229.50	38%	- 27%
<b>Total</b>	<b>10.0%</b>	<b>56,016.23</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Por último, para el siguiente grupo, el efecto del coeficiente consigue reducir los niveles de emisiones totales. En él, se incluyen los hogares como actividad económica con más peso. Se puede considerar este dato

como beneficioso el poder incluir esta actividad económica, dada la eficiencia que presenta y el peso considerable que tiene sobre el total, debiendo mantener esta línea de la realidad con las proyecciones, continuando con las innovaciones en los productos domésticos como frigoríficos o bombas de calor que utilizan este compuesto.

**Tabla 18. Reducción de las emisiones de HFC derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Consumo de los hogares	18.7%	- 820,869.25	47%	- 91%
Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	11.7%	- 347,239.99	55%	- 73%
Comercio al por mayor e intermediarios, excepto vehículos de motor y motocicletas	7.1%	- 337,799.65	55%	- 96%
Industrias de la alimentación, fabricación de bebidas e industria del tabaco	7.2%	- 303,063.26	35%	- 87%
Fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones	14.8%	- 208,816.42	36%	- 47%
Venta y reparación de vehículos de motor y motocicletas	2.6%	- 88,669.05	54%	- 78%
Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques	2.3%	- 79,566.20	35%	- 77%
Industria del papel	3.2%	- 76,698.72	29%	- 59%
Coquerías y refino de petróleo	2.5%	- 55,264.97	42%	- 61%
Transporte terrestre y por tubería	1.4%	- 52,063.99	52%	- 82%
Industria textil, confección de prendas de vestir e industria del cuero y del calzado	1.1%	- 28,575.58	0%	- 53%
Consumo de los hogares	18.7%	- 820,869.25	47%	- 91%
Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	11.7%	- 347,239.99	55%	- 73%
Comercio al por mayor e intermediarios, excepto vehículos de motor y motocicletas	7.1%	- 337,799.65	55%	- 96%
Industrias de la alimentación, fabricación de bebidas e industria del tabaco	7.2%	- 303,063.26	35%	- 87%
Fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones	14.8%	- 208,816.42	36%	- 47%
Venta y reparación de vehículos de motor y motocicletas	2.6%	- 88,669.05	54%	- 78%
Fabricación de vehículos de motor, remolques y semirremolques	2.3%	- 79,566.20	35%	- 77%
Industria del papel	3.2%	- 76,698.72	29%	- 59%
Coquerías y refino de petróleo	2.5%	- 55,264.97	42%	- 61%

<b>Transporte terrestre y por tubería</b>	1.4%	- 52,063.99	52%	- 82%
<b>Industria textil, confección de prendas de vestir e industria del cuero y del calzado</b>	1.1%	- 28,575.58	0%	- 53%
<b>Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado</b>	2.3%	- 4,173.24	28%	- 25%
<b>Total</b>	74.8%	- 2,402,800.32		

Fuente: Elaboración propia.

En este caso, las actividades que tiene un coeficiente negativo son notoriamente mayores, cincuenta y dos sectores, se puede considerar este dato como beneficioso dado que ha permitido reducir las emisiones con respecto a 2018 y aminorar el efecto creciente del resto de sustancias con respecto al total.

Este compuesto calificado como altamente contaminante, al proyectar reducciones por parte de la mayoría de las actividades económicas resulta positivo tanto para el medio ambiente como para las empresas del sector. Además, se demuestra el compromiso que siguen estas actividades, reflejado también en el apartado de análisis de coeficientes, donde gran parte de las ramas productivas tienen una evolución estadísticamente eficiente, concluyendo que con los esfuerzos actuales, se conseguirá aminorar este gas a futuro.

### **Compuestos polifluorcarbonados (PFC)**

Los compuestos polifluorcarbonados (PFC), como ya mencionábamos antes, están presentes en la producción del aluminio, en productos de limpieza, utensilios fabricados con teflón y elementos antiguos contra incendios. Para este caso, desfavorablemente no se estiman reducciones en las emisiones, representando en las siguientes tablas los sectores que aportan aumentos de las emisiones de este gas.

La primera tabla corresponde a aquellos aumentos derivados de los incrementos en la producción y del coeficiente. Se aprecia en la proyección aquellos sectores que mantenían un comportamiento ineficiente en el apartado de análisis de coeficientes, debiendo ser consientes estas actividades y buscar elementos que reduzcan o mitiguen estas proyecciones, dado el elevado potencial de calentamiento global que tiene este compuesto.

**Tabla 19. Aumento de las emisiones de PFC derivado de actividades altamente contaminantes.**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Consumo de los hogares	0.6%	552.39	47%	22%
Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas	0.5%	539.27	55%	23%
<b>Total</b>	<b>1.1%</b>	<b>1,091.66</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Para el siguiente caso, aumentos en la producción y reducciones en el coeficiente, contemplamos el sector que más aporta a las emisiones de este compuesto, considerando este dato como favorecedor frente a los anteriores.

**Tabla 20. Aumento de las emisiones de PFC derivado de actividades eficientes, pero con estructura productiva**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Fabricación de productos de hierro, acero y ferroaleaciones	96.9%	20,295.74	36%	-14%
<b>Total</b>	<b>96.9%</b>	<b>20,295.74</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados del análisis de coeficientes, se aprecia una tendencia estable en esta actividad; por otra parte, en las proyecciones se estiman una eficiencia por parte del sector, por lo que se deberá continuar con los esfuerzos hechos por las empresas del sector, buscando la mejora de los procesos de fabricación del aluminio o nuevos tratamientos para este metal, capaces de mitigar y controlar este gas.

Finalmente, cabe exaltar la obligación de crear una normativa que regule estas emisiones, ya que el elevado impacto que tiene sobre el calentamiento global lo convierte en peligroso para el medio ambiente. Además, se deberá de mejorar la concientización sobre las actividades económicas que siguen y que proyectan un

comportamiento ineficiente, añadiendo finalmente la necesidad de fomento de nuevas técnicas para la producción del aluminio, siendo este, la mayor fuente de emisión.

## Hexafluoruro de azufre (SF<sub>6</sub>)

Para nuestro último compuesto, cabe recordar que se usa especialmente para equipos aislantes en industrias eléctricas y en menor medida con fines oftalmológicos. En los resultados, se aprecian como ambos sectores perciben aumentos con respecto a los niveles de 2018.

Con respecto al sector energético se contempla un leve aumento en sus coeficientes, que junto con aumentos en su producción desemboca finalmente en un incremento en las emisiones de este gas. Cabe resaltar, el compromiso por parte de las empresas que junto con la normativa impuesta en 2017, podrán favorecer a establecer mejores emisiones para 2030.

**Tabla 21. Aumento de las emisiones de SF<sub>6</sub> derivado actividades altamente contaminantes**

Sector	Peso de 2018 sobre el total (%)	Variación total de emisiones (Toneladas de CO <sub>2</sub> - eq)	Variaciones en producción (%)	Variaciones en coeficientes (%)
Suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	98.7%	68,468.88	28%	1%
Actividades sanitarias	1.3%	2,763.60	47%	30%
<b>Total</b>	<b>100.0%</b>	<b>71,232.48</b>		

Fuente: Elaboración propia.

Para concluir, se comprueba como las emisiones han seguido un comportamiento creciente, a pesar de los esfuerzos del sector eléctrico en reducir su coeficiente, la estructura productiva ha derivado variaciones positivas comparado con 2018. Este hecho impide alcanzar los objetivos impuestos por la comunidad internacional y a obtener un crecimiento del treinta por ciento con respecto al último año disponible.

## V. Resumen y conclusiones

Con este Trabajo de Fin De Grado, se ha procurado contribuir al incremento de conocimientos en diversas líneas. En primer lugar, se ha expuesto la relevancia del efecto invernadero sobre la situación actual, desarrollando, tanto en el ámbito internacional como nacional, algunas de las múltiples iniciativas, marcos normativos y foros de discusión que promueven un entorno sostenible entre países y con ayuda de las actividades económicas. Destaca en especial de las múltiples Cumbres Climáticas, el *Protocolo de Kioto*, y

la *Cumbre París*, donde se establecieron grandes avances en la aceptación de compromisos y el comienzo de un nuevo rumbo frente a la lucha contra el cambio climático; seguido de ello, se ha puesto en manifiesto la evolución de las emisiones nacionales, comprobando el descenso continuo por parte de las ramas productivas y el papel de la renta en las emisiones de los hogares, donde justo al finalizar la crisis cambio su comportamiento, visualizándose incrementos al compararlos con los periodos previos a 2012.

A su vez, tras estudiar el comportamiento de las evoluciones nacionales, se decidió continuar comparándolo con los estándares internacionales, pudiendo afirmar que nos comportamos muy en línea a la media internacional donde, a pesar de existir un brecha entre ciertos sectores, en más del 70% de las actividades económicas se aporta una mejor posición medio ambiental; además, se ha comprobado que el marco estratégico en la lucha contra el cambio climático como son: la Ley de Cambio Climático y Transición Energética y el PNIEC, establece medidas similares que aquellos países con reducidas emisiones, facilitando la acción y la reducción de la emisiones por parte de los agentes emisores a futuro.

Conocida la situación actual, se ha buscado establecer y mejorar la comprensión entre los procesos ambientales y las actividades económicas, donde a partir de la comparación entre las distintas herramientas útiles para el cálculo de la huella de carbono, se decide el análisis de *input-output*, ya que al aplicar un análisis sobre las distintas actividades económicas, en lugar de un producto o servicio específico, nos situamos en un enfoque de organización. Esta metodología que se ajusta más a los objetivos de este estudio, facilita la entrega de resultados y evita los múltiples obstáculos que se podrían encontrar al calcularlo a través del Análisis del Ciclo de Vida.

Una vez se ha escogido la herramienta para el desarrollo del apartado analítico y estudiado su relevancia, destacado en especial a nivel económico como también medioambiental, considerado el centro de varios estudios, se ha llevado a cabo para los distintas actividades económicas un análisis estático y dinámico midiendo los impactos y evoluciones de cada uno ellos.

Este análisis, ha medido en primer lugar el impacto directo e indirecto de los sectores, demostrando que la responsabilidad y la obligación de concientizar los hábitos de producción son necesarios para alcanzar vías más eficientes y menos contaminantes. Con ello, se ha buscado transmitir, que no únicamente se favorece un sector al aplicar mejores condiciones, sino que de manera indirecta el conjunto de actividades económicas se ven favorecidos. En segundo lugar, mediante el análisis de evolución de emisiones de cada rama productiva, se ha conseguido clasificar a los sectores como eficientes, ineficientes o distinguirlo con un comportamiento estable.

Cabe destacar, cómo los sectores en términos de emisión, a excepción del dióxido de carbono, se encuentran mucho menos atomizados, debiendo tener en cuenta que para ciertas actividades económicas recae un peso mayor; es decir, el comportamiento de ciertas actividades condiciona en mayor medida la evolución de ciertas sustancias contaminantes.

Además, sería oportuno que cada sector valorará sus resultados para determinar, en caso de obtener una emisión eficiente, continuar con los esfuerzos y medidas llevadas a cabo para poder alcanzar los objetivos impuestos para 2030; o, en caso de obtener resultados diferentes, optar por vías innovadoras, implantar mejoras de la maquinaria y medidas capaces de reducir la quema de combustibles fósiles a lo largo del tiempo.

Para finalizar, se ha comprobado que los esfuerzos llevados a cabo por el conjunto de sectores, a través de la proyección de los coeficientes para 2030, no serían suficientes para alcanzar los compromisos adquiridos con la comunidad internacional. Considerando, que a pesar del esfuerzo de múltiples actividades económicas en reducir sus coeficientes, se ven opacados por el aumento productivo previsto para dicho periodo y por aquellas ramas productivas que se comportan ineficientemente, estableciendo como soluciones ante ello, la identificación de aquellos sectores que no tengan un comportamiento eficiente promocionándole alternativas específicas que mitiguen estas emisiones, como también el replanteamiento de los acuerdos que contemplen incrementos en los intervalos a los que pueda llegar España, teniendo en cuenta que el incremento en la demanda y reducciones ligeras en los coeficientes dificultará su cumplimiento.

## VI. Bibliografía

- Agencia Estatal de Meteorología. (s.f.). *Serie de medidas de Monóxido de Carbono atmosférico en el Observatorio de Izaña*. Recuperado el 24 de abril de 2020, de [http://izana.aemet.es/index.php?option=com\\_content&view=article&id=283:atmospheric-carbon-monoxide-measurements-time-series-at-izana-observatory&catid=10:news&Itemid=49&lang=es](http://izana.aemet.es/index.php?option=com_content&view=article&id=283:atmospheric-carbon-monoxide-measurements-time-series-at-izana-observatory&catid=10:news&Itemid=49&lang=es)
- Ahmad, N., & Wyckoff, A. (2003). *Carbon Dioxide Emissions Embodied in International Trade of Goods*. doi:<https://doi.org/10.1787/421482436815>
- Alañón Pardo, A. M., & Alañón Pardo, M. d. (2016). Productos sanitarios utilizados. *Panorama Actual del Medicamento*, p. 128-132. Recuperado el 29 de abril de 2020, de [https://gruposdetrabajo.sefh.es/gps/images/stories/publicaciones/PAM\\_2016\\_390\\_40\\_24\\_128-132.pdf](https://gruposdetrabajo.sefh.es/gps/images/stories/publicaciones/PAM_2016_390_40_24_128-132.pdf)
- Álvarez Gallego, S. (2014). Huella de carbono de organización y producto con enfoque híbrido: mejoras en el método compuesto de las cuentas contables. (*Tesis doctoral*). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Recuperado el 10 de abril de 2020, de [http://oa.upm.es/34841/1/SERGIO\\_ALVAREZ\\_GALLEGO.pdf](http://oa.upm.es/34841/1/SERGIO_ALVAREZ_GALLEGO.pdf)
- Asociación Nacional de Fabricantes de Fertilizantes. (2019). *Información Sectorial*. Recuperado el 25 de abril de 2020, de Evolución del consumo de fertilizantes químicos inorgánicos en España: <http://www.anffe.com/informaci%F3n%20sectorial/evoluci%F3n%20del%20consumo/index.html>
- Baranzini, M., & Marangoni, G. (2014). *Richard Stone: an Annotated Bibliography*. Università della Svizzera italiana. Recuperado el 31 de marzo de 2020, de <https://core.ac.uk/download/pdf/43664097.pdf>
- Benavides Ballesteros, H. O., & León Aristizabal, G. E. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y cambio climático*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Subdirección de meteorología. Recuperado el 25 de abril de 2020, de <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21138/Gases+de+Efecto+Invernadero+y+el+Cambio+Climatico.pdf>
- Boluda, A. (mayo de 2011). *ECODES*. Recuperado el 29 de abril de 2020, de Los compuestos perfluorados (PFCs) están en el agua del grifo y los alimentos, y afectan la salud: <https://archivo.ecodes.org/web/noticias/los-compuestos-perfluorados-pfcs-estan-en-el-agua-del-grifo-y-los-alimentos-y-afectan-la-salud>



- Braga, L. (2019). *CONICET*. Recuperado el 24 de abril de 2020, de Monóxido de carbono: <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/MonoxiCar.htm>
- Comisión Europea. (2015). *Fundamentos de SCN: Formulación de los elementos básicos*. Eurostat: Manuales y directrices. doi:10.2785/53937
- Comisión Europea. (20 de julio de 2016). Factsheet on the Commission's proposal on binding greenhouse gas emission reductions for Member States (2021-2030). Recuperado el 22 de mayo de 2020, de [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO\\_16\\_2499](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_16_2499)
- Comisión Europea. (11 de diciembre de 2019). *The European Green Deal*. Recuperado el 15 de enero de 2020, de Communication From The Commission to The European Parliament, The European Council, The Council, The European Economic And Social Committee And The Committee of the Regions: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN>
- Cooper, J. (2003). *Specifying functional units and reference flows for comparable alternatives* (Vol. 8). The International Journal of Life Cycle Assessment. doi:<https://doi.org/10.1007/BF02978507>
- De La Rúa Lope, C. (2009). Desarrollo de la herramienta integrada "Análisis del Ciclo de Vida - Input Output" para España y aplicación a tecnologías energéticas avanzadas. (*Tesis doctoral*). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Recuperado el abril de 10 de 2020, de [http://oa.upm.es/19411/1/CRISTINA\\_DE\\_LA\\_RUA\\_LOPE.pdf](http://oa.upm.es/19411/1/CRISTINA_DE_LA_RUA_LOPE.pdf)
- Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. (21 de Julio de 2001). Evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente. *Boletín Oficial del Estado*, págs. 30-37. Recuperado el 17 de marzo de 2020
- Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. (13 de diciembre de 2011). Evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. *Boletín Oficial del Estado*, págs. 1-21. Recuperado el 17 de marzo de 2020
- Domingo Gómez, O., & Gómez Villarino, M. (2007). *Consultoría e ingeniería ambiental*. S.A. MUNDI-PRENSA LIBROS. Recuperado el 27 de Marzo de 2020
- ECHA. (31 de agosto de 2019). *Substance Infocard*. Recuperado el 24 de abril de 2020, de Carbon monoxide: <https://echa.europa.eu/substance-information/-/substanceinfo/100.010.118>

- El periódico de la energía. (octubre de 2019). *Polonia, adicta al carbón y sin prisa por desengancharse*. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de <https://elperiodicodelaenergia.com/polonia-adicta-al-carbon-y-sin-prisa-por-desengancharse/>
- Elmore, B. (2015). *Citizen Coke: The Making of Coca-Cola Capitalism*. New York, NY: WW Norton & Co. Recuperado el 10 de abril de 2020
- España, Ley 34/2007. (16 de noviembre de 2007). Calidad del aire y protección de la atmósfera. *Boletín Oficial del Estado*(núm. 275), pág. p. 46962 a 46987. Recuperado el 12 de diciembre de 2019, de <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/11/15/34>
- España, Real Decreto 115/2017. (18 de febrero de 2017). Por el que se regula la comercialización y manipulación de gases fluorados y equipos basados en los mismos. *Boletín Oficial del Estado*(núm. 42), p. 11096 a 11150. Recuperado el 29 de abril de 2020, de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/02/17/115>
- European Commission. (2014). *European Platform on Life Cycle Assessment*. Recuperado el 11 de abril de 2020, de <https://eplca.jrc.ec.europa.eu/index.html#menu1>
- Fava, J., & Page, A. (1992). *Application of product life-cycle assessment to product stewardship and pollution prevention programs* (Vol. 26). Wat. Sci. Tech. Recuperado el 10 de abril de 2020
- France Diplomatie. (04 de diciembre de 2014). *Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères*. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de Francia movilizada para responder al desafío climático: <https://www.diplomatie.gouv.fr/es/politica-exterior/cambio-climatico/francia-movilizada-para-responder-al-desafio-climatico/>
- García Ramiro, R. (2013). Estudio de la Huella de Carbono de los hogares españoles (Trabajo de Fin de Grado). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Recuperado el 26 de marzo de 2020
- Gobierno de México. (Mayo de 2018). *Causas del cambio climático*. Recuperado el 20 de diciembre de 2019, de Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/causas-del-cambio-climatico>
- Greenpeace. (5 de octubre de 2018). *Pernik, la maldición del carbón*. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de <https://revista.greenpeace.es/gpm-27/pernik-la-maldicion-del-carbon/>

- Halland, H., Lokanc, M., & Nair, M. (2016). *El sector de las industrias extractivas: Aspectos esenciales para economistas, profesionales de las finanzas públicas, y responsables de políticas*. Washington DC: Banco Mundial. doi:<http://dx.doi.org/10.1596/978-1-4648-0612-4>
- Haya Leiva, E. (2016). *Análisis de Ciclo de Vida*. Recuperado el 10 de abril de 2020, de Escuela de Organizacion Industrial: Master en Ingeniería y Gestión Medioambiental: <https://www.eoi.es/es/file/66611/download?token=BTXaL249>
- Holland, D., & Cooke, S. (1992). *Sources of structural change in the Washington economy: An input-output perspective*. The Annals of Regional Science. doi:<https://doi.org/10.1007/BF02116367>
- INE. (2019). *Contabilidad nacional anual de España: tablas Input-Output*. Informe Metodológico Estandarizado, Madrid. Recuperado el 30 de marzo de 2020, de <https://www.ine.es/dynt3/metadatos/es/RespuestaDatos.html?oe=30033>
- INE. (noviembre de 2019). *Cuentas Medioambientales: Cuenta de Emisiones a la Atmósfera*. Informe metodológico estandarizado, madrid. Recuperado el 30 de marzo de 2020, de Presentación estadística: <https://www.ine.es/dynt3/metadatos/es/RespuestaDatos.html?oe=30084>
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Chang*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. Recuperado el 15 de enero de 2020
- ISO. (1997). ISO 14040. *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. Recuperado el 11 de abril de 2020, de <https://www.iso.org/standard/23151.html>
- ISO. (1998). ISO 14041. *Environmental management - Life cycle assessment - Goal and scope definition and inventory analysis*. Recuperado el 11 de abril de 2020, de <https://www.iso.org/standard/23152.html>
- ISO. (2000). ISO 14042. *Environmental management - Life cycle assessment - Life cycle impact assessment*. Recuperado el 11 de abril de 2020, de <https://www.iso.org/standard/23153.html>
- ISO. (2000). ISO 14043. *Environmental management - Life cycle assessment - Life cycle interpretation*. Recuperado el 11 de abril de 2020, de <https://www.iso.org/standard/23154.html>
- ISO. (2006). ISO 14040. *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*. Recuperado el 25 de marzo de 2020, de <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:14040:ed-2:v1:es>

- ISO. (2006). ISO 14044. *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. Recuperado el 25 de marzo de 2020, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14044:ed-1:v1:es>
- ISO. (2006). ISO14064-1. *Greenhouse gases. Part 1: Specification with Guidance at the Organization Level for Quantification and Reporting of Greenhouse Gas Emissions and Removals*. Recuperado el 25 de marzo de 2020, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14064:-1:ed-1:v1:es:sec:C>
- ISO. (2013). ISO/TR 14069. *Greenhouse gases - Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations - Guidance for the application of ISO 14064-1*. Recuperado el 25 de marzo de 2020, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:tr:14069:ed-1:v1:es>
- ISO. (2018). ISO 14067. *Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification*. Recuperado el 25 de marzo de 2020, de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14067:ed-1:v1:es>
- Keynes, J. (1940). *How to Pay for the War: A Radical Plan for the Chancellor of the Exchequer*. Macmillan Publishers Ltd.
- Kuznets, S. (1941). *National Income and Its Composition, 1919-1938*. New York: National Bureau of Economic Research.
- Le Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg. (Febrero de 2018). *Seventh National Communication of Luxembourg under the United Nations Framework Convention on Climate Change*. Obtenido de [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/39752148\\_Luxembourg-NC7-1-LU\\_NC7\\_180212.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/39752148_Luxembourg-NC7-1-LU_NC7_180212.pdf)
- Leontief, W. (1941). *The Structure of American Economy, 1919-1939: An Empirical Application of Equilibrium Analysis*. Oxford Univ Press. Recuperado el 25 de marzo de 2020
- Leontief, W. (1966). *Input-output Economics*. Oxford University Press. Recuperado el 25 de marzo de 2020
- Mann, M. E. (2014). Earth Will Cross the Climate Danger Threshold by 2036. *Scientific American*. Recuperado el 22 de febrero de 2020
- Miller, R., & Blair, P. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (2nd ed.). Cambridge University Press. Recuperado el 31 de marzo de 2020
- Ministerio para la transición ecológica. (2016). *Guía para el cálculo de huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización*. Madrid. Recuperado el 25 de marzo de 2020

- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico . (2017). Emisiones de gases de efecto invernadero en España. Recuperado el 22 de mayo de 2020, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/emisiones.aspx>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2011). *Problemática ambiental y contaminantes* icono barra herramientas. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (abril de 2014). *Protocolo de Kioto*. Recuperado el 15 de enero de 2020, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/protocolo-kioto.aspx>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (Diciembre de 2015). *Principales elementos del Acuerdo de París*. Obtenido de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/elementos-acuerdo-paris.aspx>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2016). *Gas Natural y Medio Ambiente*. Recuperado el 25 de abril de 2020, de Emisiones de CH<sub>4</sub>: <https://energia.gob.es/gas/Gas/Paginas/gasnatural.aspx>
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (marzo de 2019). *Gases fluorados*. Recuperado el 28 de abril de 2020, de Problemática ambiental: [https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/gases\\_fluorados.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/gases_fluorados.aspx)
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (Febrero de 2019). *Marco Estratégico de Energía y Clima: Una oportunidad para la modernización de la economía española y la creación de empleo*. Recuperado el 15 de enero de 2020, de <https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/participacion-publica/marco-estrategico-energia-y-clima.aspx>
- Naciones Unidas. (1992). *Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*. Nueva York. Recuperado el 15 de enero de 2020, de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>
- Odyssee. (2012). *Energy Efficiency in the EU*. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de Country Profiles and National Reports: <https://www.odyssee-mure.eu/publications/national-reports/>

Oxfam Intermón. (2019). *Injusticia climática*. Recuperado el 21 de febrero de 2020, de <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/426027/Oxfam-Website/OxfamWeb-Documentos/OxfamWeb-Informes/injusticia-climatica-contaminan-ricos-pagan-pobres-oxfam-intermon.pdf>

Parlamento Europeo. (marzo de 2018). *Emisiones de gases de efecto invernadero por país y sector (infografía)*. Recuperado el 15 de enero de 2020, de <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180301STO98928/emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-por-pais-y-sector-infografia>

Parlamento Europeo. (17 de abril de 2018). Reducción de gases de efecto invernadero en la UE: objetivos nacionales para 2030. Recuperado el 22 de mayo de 2020, de <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20180208STO97442/reduccion-de-emisiones-en-la-ue-objetivos-nacionales-para-2030>

Parlamento Europeo y Consejo de la Unión Europea. (16 de abril de 2014). Reglamento (UE) No 517/2014 sobre los gases fluorados de efecto invernadero y por el que se deroga el Reglamento (CE) no 842/2006. Recuperado el 28 de abril de 2020, de <https://www.boe.es/doue/2014/150/L00195-00230.pdf>

Pulido San Román, A., & Fontela, E. (1993). *Análisis input-output: modelos, datos y aplicaciones*. Madrid: Pirámide.

Red Eléctrica de España. (2019). *Informe del Sistema Eléctrico Español de 2018*. Recuperado el 24 de abril de 2020, de [https://www.ree.es/sites/default/files/11\\_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2018/inf\\_sis\\_elec\\_ree\\_2018.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/InformesSistemaElectrico/2018/inf_sis_elec_ree_2018.pdf)

Red Eléctrica de España. (2019). *Las energías renovables en el sistema eléctrico español*. Madrid. Recuperado el 17 de febrero de 2020, de [https://www.ree.es/sites/default/files/11\\_PUBLICACIONES/Documentos/Renovables-2018.pdf](https://www.ree.es/sites/default/files/11_PUBLICACIONES/Documentos/Renovables-2018.pdf)

Reglamento (UE) 2018/842 Del Parlamento Europeo y y del Consejo. (30 de mayo de 2018). Sobre reducciones anuales vinculantes de las emisiones de gases de efecto invernadero por parte de los Estados miembros entre 2021 y 2030. *Diario Oficial de la Unión Europea*. Recuperado el 22 de mayo de 2020, de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32018R0842&from=EN>

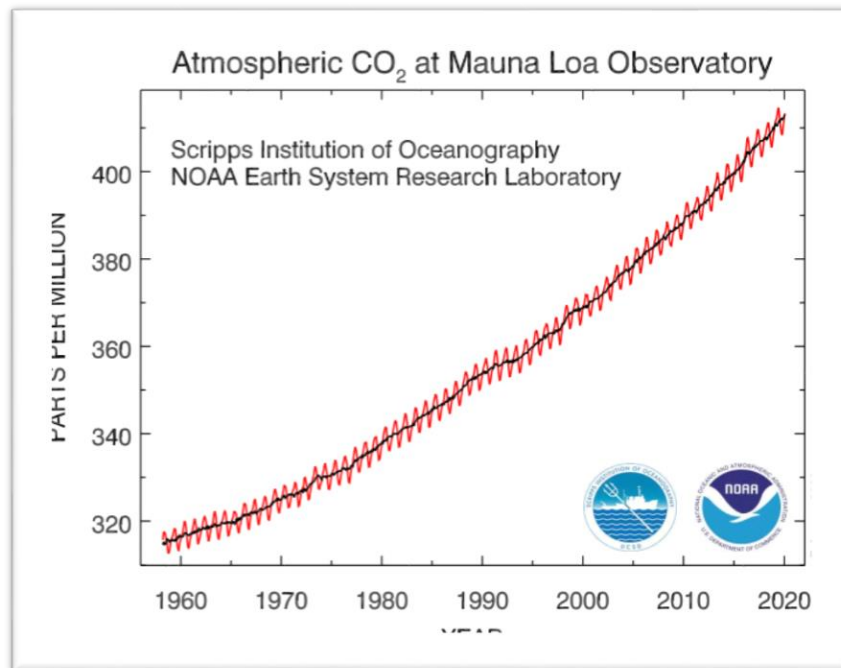
- Rodríguez Cervantes, A. M., & Baeza Romero, M. T. (2018). Entendiendo el origen y evolución del monóxido de carbono en el aire que respiramos. *Revista Técnica de Medio Ambiente*. Recuperado el 24 de abril de 2020, de <https://www.retema.es/articulo/entendiendo-el-origen-y-evolucion-del-monoxido-de-carbono-en-el-aire-que-respiramos-1AF4C>
- Ronald E, M., & Peter D, B. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions* (2nd ed.). Cambridge University Press. Recuperado el 25 de marzo de 2020
- SEQUOPRO. (septiembre de 2019). *Centrales de producción eléctrica*. Recuperado el 24 de abril de 2020, de <https://www.sequopro.es/aplicaciones/centrales-de-produccion-electrica>
- Society of Environmental Toxicology and Chemistry. (1993). *Guidelines for Life-cycle Assessment: A "code of practice"*. (F. Consoli, Ed.) Recuperado el 10 de abril de 2020
- Stone, R. (1972). *The Evaluation of Pollution: Balancing Gains and Losses* (Vol. 10). Minerva. Recuperado el 31 de marzo de 2020
- The Swedish Environmental Protection Agency. (diciembre de 2017). *Sweden's Seventh National Communication on Climate Change*. Recuperado el 17 de enero de 2020, de [https://unfccc.int/files/national\\_reports/annex\\_i\\_natcom/\\_application/pdf/6950713\\_sweden-nc7-1-swe\\_nc7\\_20171222.pdf](https://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_natcom/_application/pdf/6950713_sweden-nc7-1-swe_nc7_20171222.pdf)
- Transport & Environment. (diciembre de 2019). *European shipping's climate record*. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de <https://www.transportenvironment.org/publications/european-shippings-climate-record>
- Tukker, A., de Koning, A., Wood, R., Hawkins, T., Lutter, S., Acosta, J., . . . Kuenen, J. (2013, marzo). EXIOPOL - Development and Illustrative Analyses of a Detailed Global MR EE SUT/IOT. (E. S. Research, Ed.) 25, p. 50-70. doi:10.1080/09535314.2012.761952
- UNFCCC. (Marzo de 2016). *The Paris Agreement*. Obtenido de Paris Agreement: essential elements: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>
- Unión Española Fotovoltaica. (07 de marzo de 2017). *La regulación francesa, ejemplar para el fomento del autoconsumo y de la transición energética*. Recuperado el 17 de febrero de 2020, de <https://unef.es/2017/03/la-regulacion-francesa-ejemplar-para-el-fomento-del-autoconsumo-y-de-la-transicion-energetica/>

- Vaughan, A. (2019). Earth's methane emissions are rising and we don't know why. *NewScientist*. Recuperado el 25 de abril de 2020, de [https://www.newscientist.com/article/2204466-earths-methane-emissions-are-rising-and-we-dont-know-why/?utm\\_medium=SOC&utm\\_source=Facebook#Echobox=1559028144](https://www.newscientist.com/article/2204466-earths-methane-emissions-are-rising-and-we-dont-know-why/?utm_medium=SOC&utm_source=Facebook#Echobox=1559028144)
- Vegara Carrió, J. (1979). *Economía política y modelos multisectoriales*. España: Tecnos. Recuperado el 14 de abril de 2020, de <https://ishareslide.net/document/vegara-economia-politica-y-modelos-multisectoriales-1979-excelente-matriz-e-teoria-marxista-pdf>
- Wood, R., Stadler, K., Bulavskaya, T., Lutter, F., Giljum, S., de Koning, A., . . . Tukker, A. (2015, enero). Global Sustainability Accounting. Developing EXIOBASE for Multi-Regional Footprint Analysis. (Sustainability, Ed.) 7, p. 138-163. doi:10.3390/su7010138
- World Resource Insititute & World Business Council for Sustainable Development. (2004). *The GHG Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard*. USA. Recuperado el 20 de marzo de 2020, de [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg\\_project\\_accounting.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg_project_accounting.pdf)
- World Resource Insititute & World Business Council for Sustainable Development. (2011). *Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard*. Recuperado el 25 de marzo de 2020, de <https://www.wri.org/publication/greenhouse-gas-protocol-product-life-cycle-accounting-and-reporting-standard>
- Wyckoff, A., & Roop, J. (1994). *The embodiment of carbon in imports of manufactured products: Implications for international agreements on greenhouse gas emissions* (Vols. 22, Issue 3). Energy Policy. doi:[https://doi.org/10.1016/0301-4215\(94\)90158-9](https://doi.org/10.1016/0301-4215(94)90158-9)



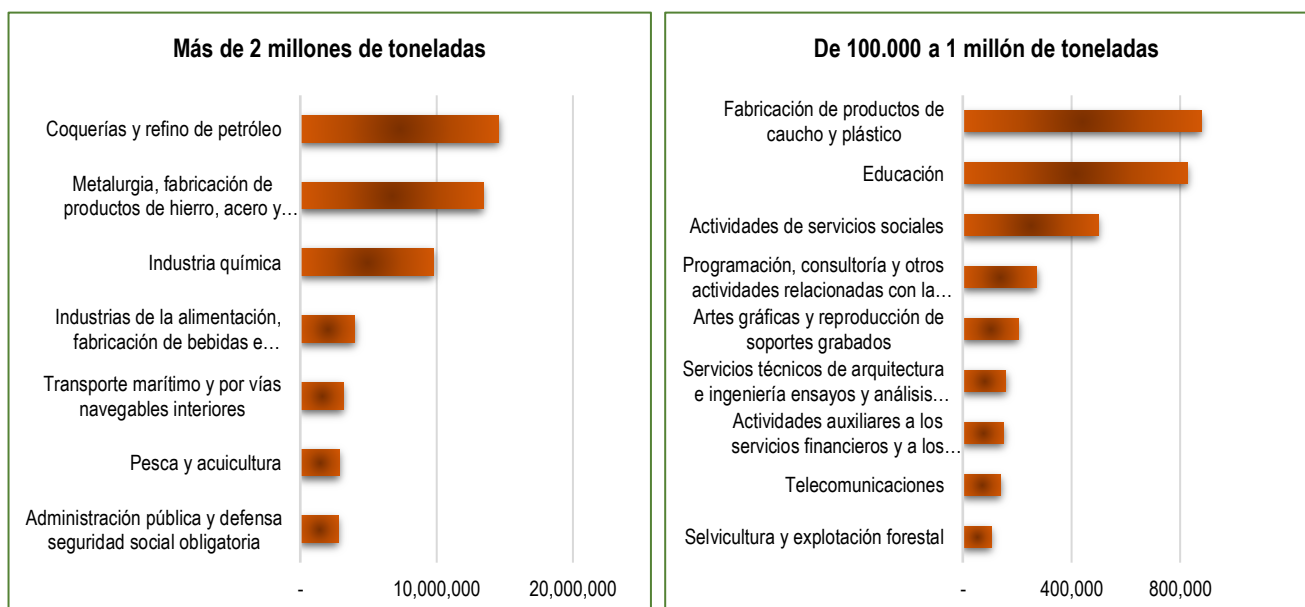
## VII. Anexo

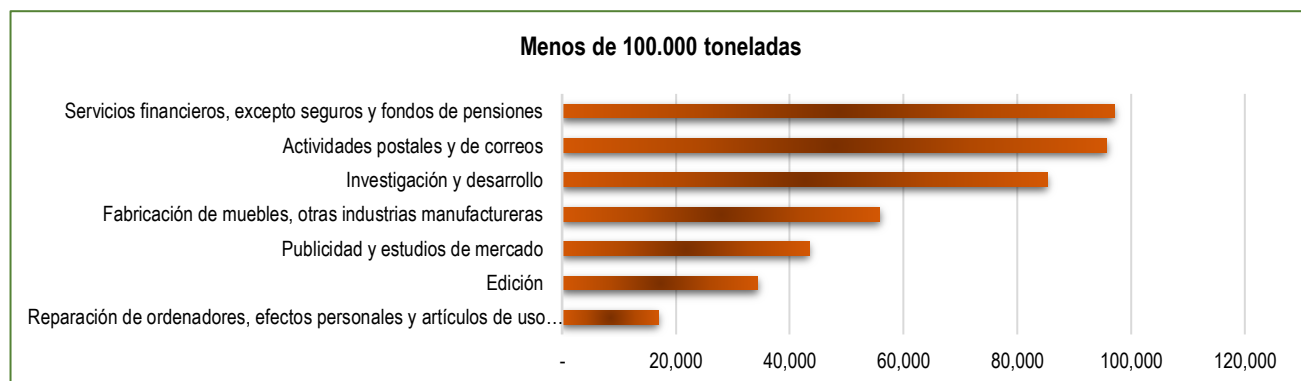
**Gráfico 1 del Anexo. Curva de Keeling. Earth System Research laboratory. Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos.**



Fuente: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/>

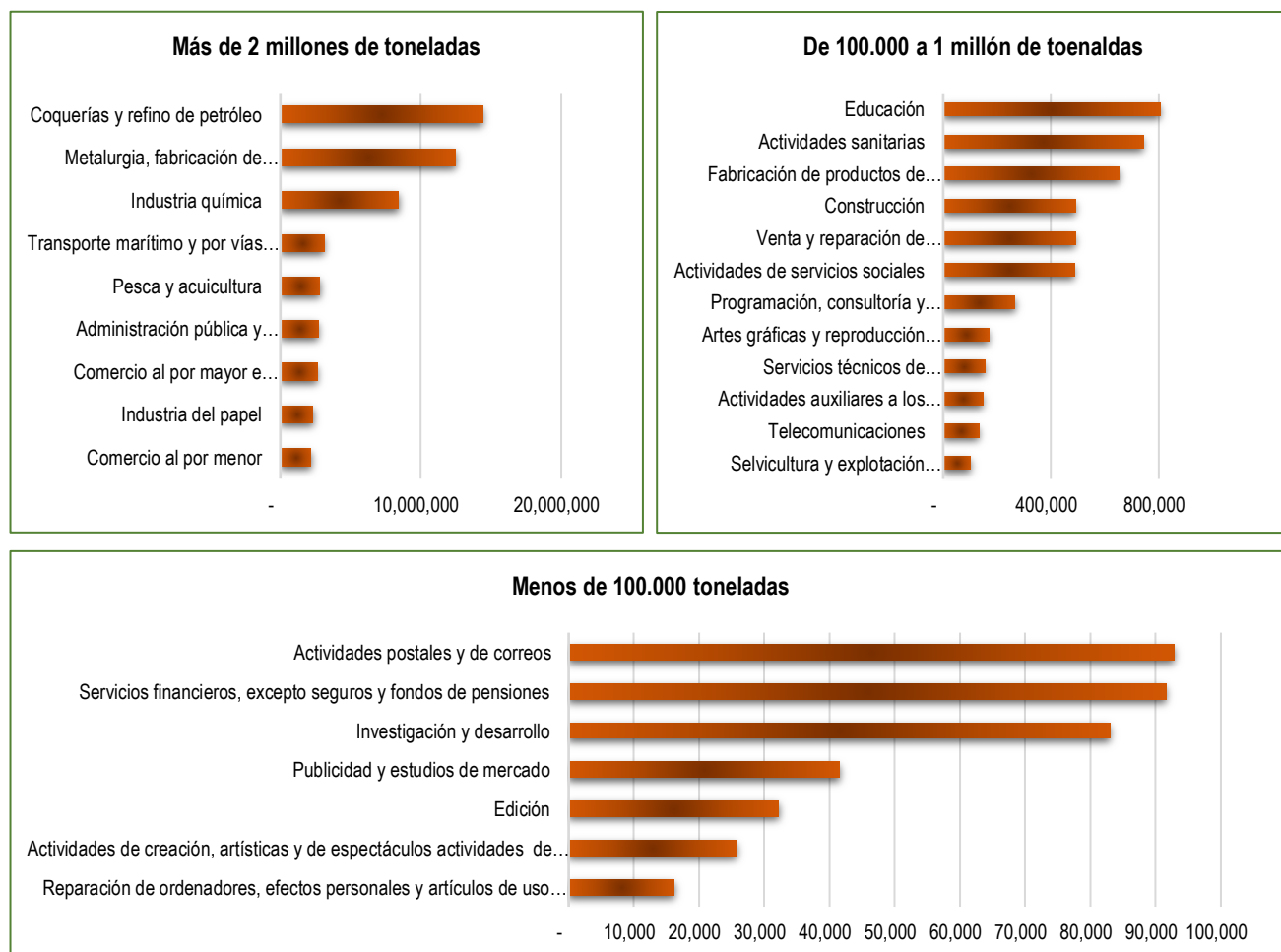
**Gráfico 2 del Anexo. Emisiones directas de T.G.E.I en sectores sin tendencia. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**





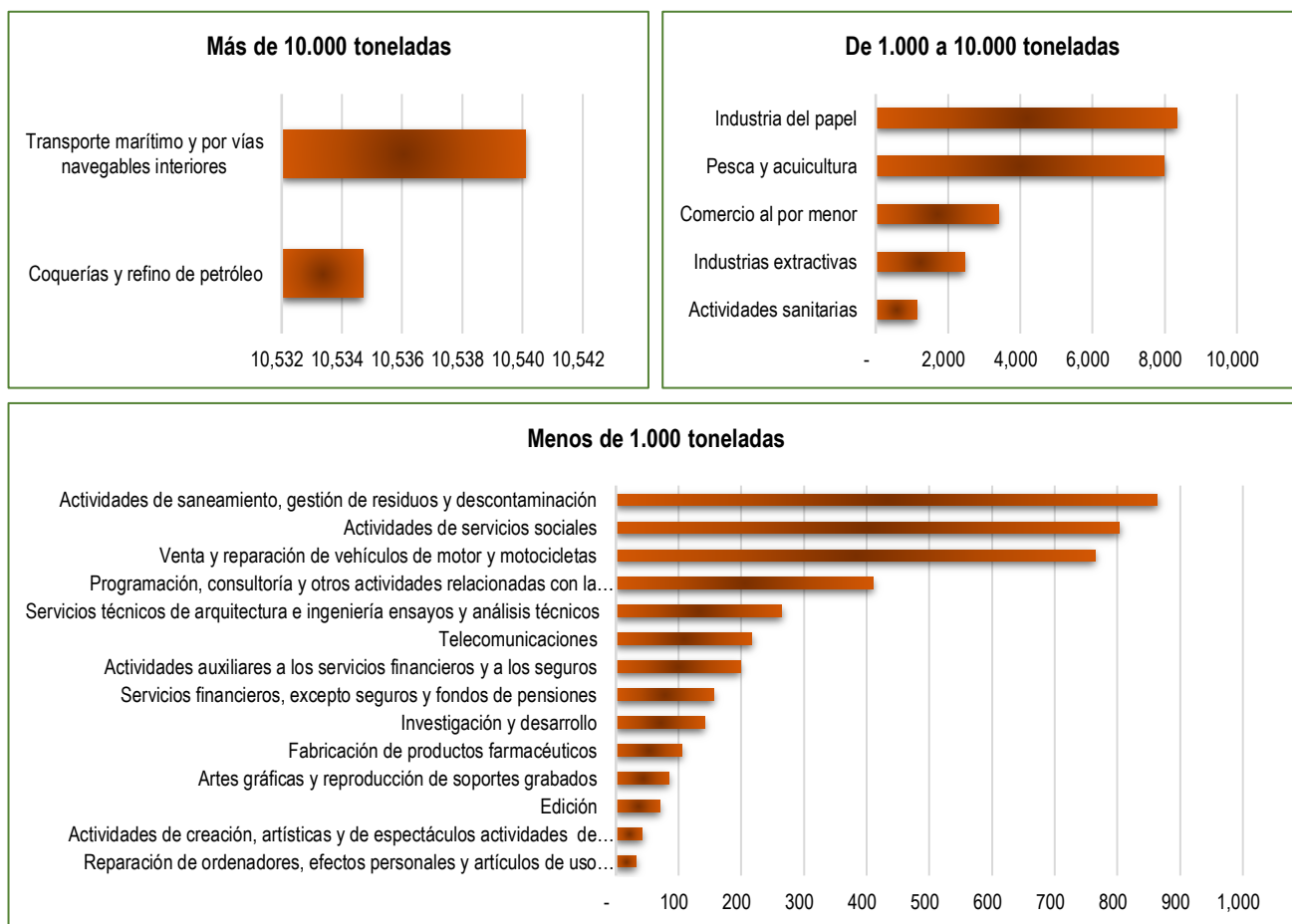
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 3 del Anexo. Emisiones directas de CO<sub>2</sub> en sectores sin tendencia. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



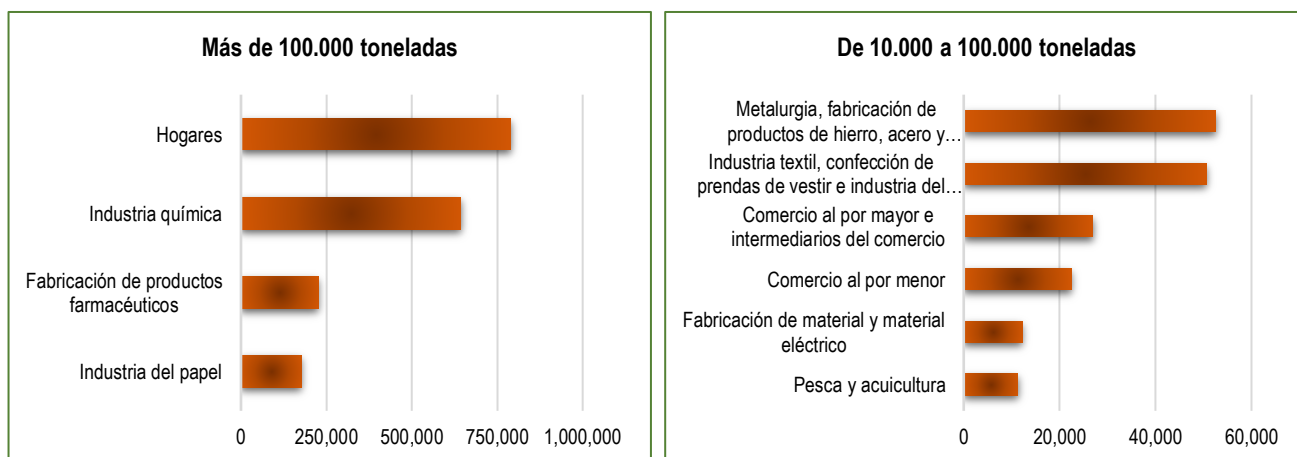
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 4 del Anexo. Emisiones directas de CO en sectores sin tendencia. Tonelada.**



Fuente: Elaboración propia.

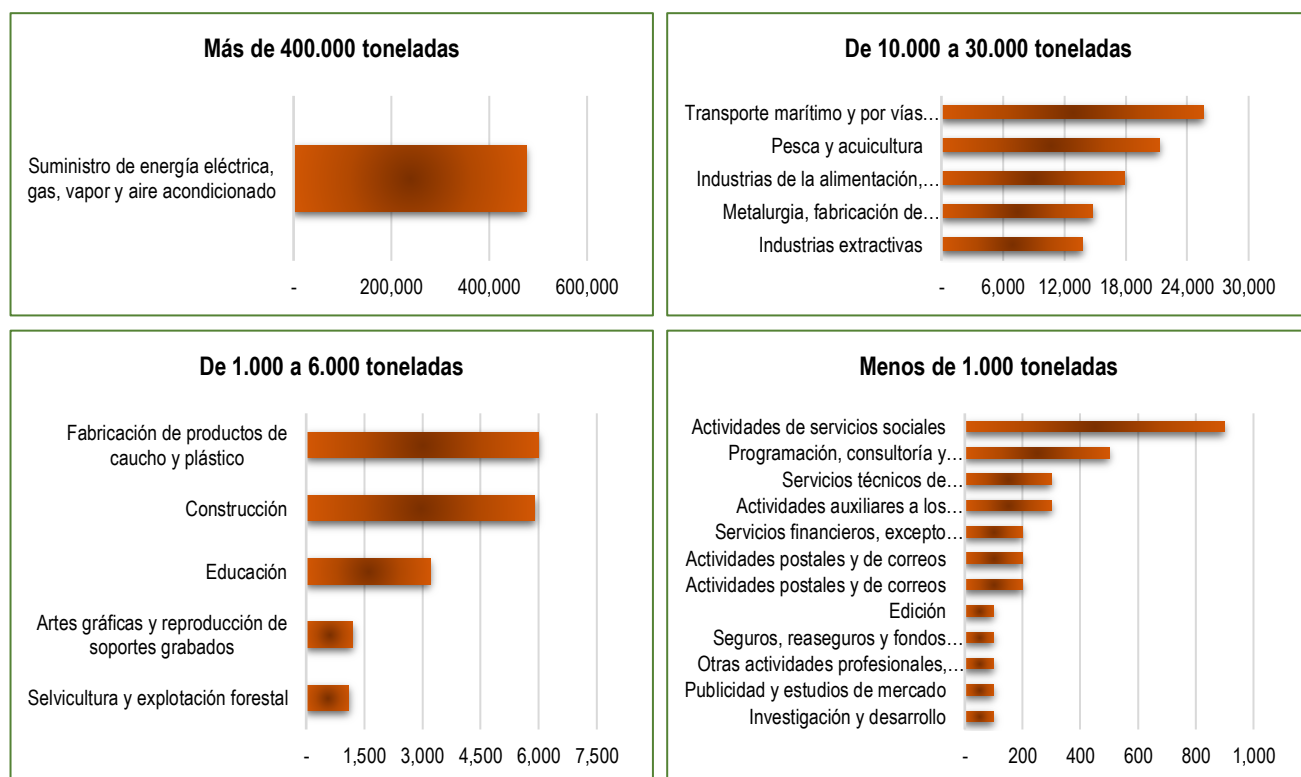
**Gráfico 5 del Anexo. Emisiones directas de CH<sub>4</sub> en sectores sin tendencia. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**





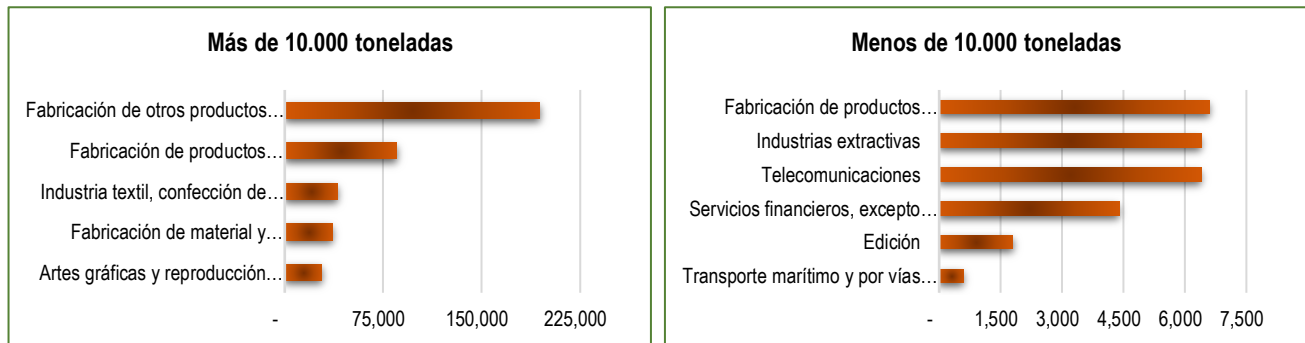
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 6 del Anexo. Emisiones directas de N<sub>2</sub>O en sectores sin tendencia. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



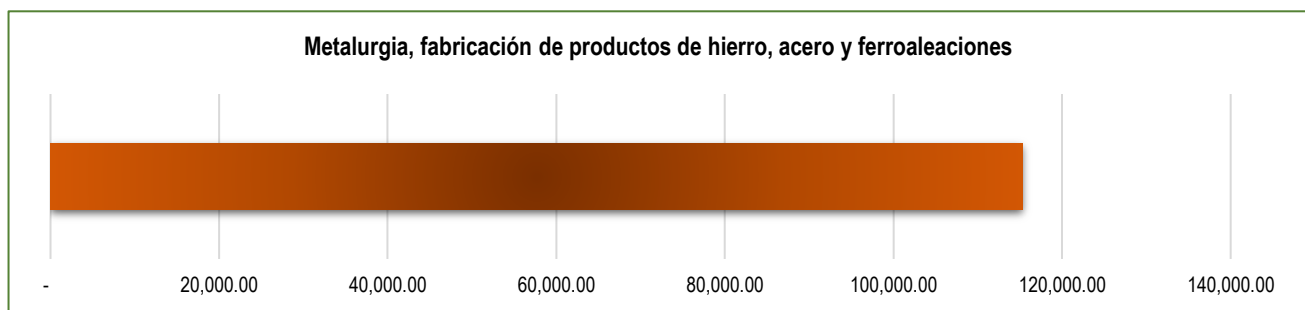
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 7 del Anexo. Emisiones directas de HFC en sectores sin tendencia. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



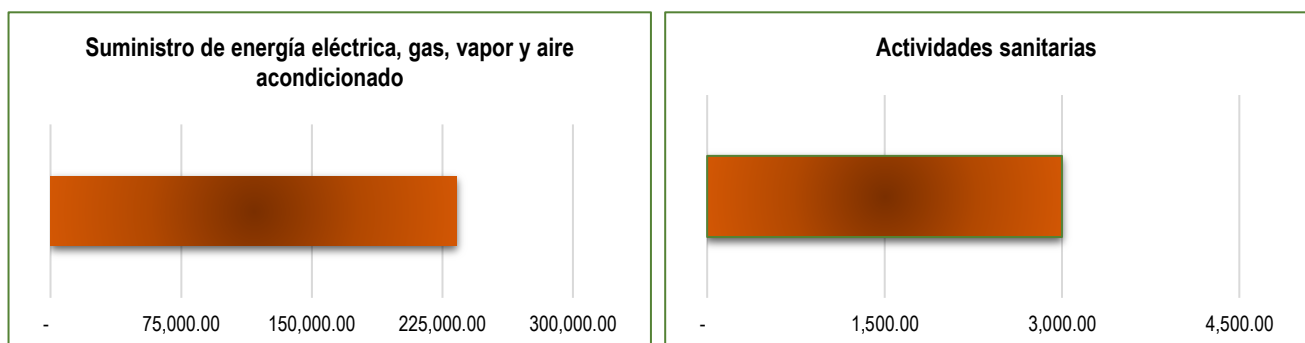
Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 8 del Anexo. Emisiones directas de PFC en sectores sin tendencia. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



Fuente: Elaboración propia.

**Gráfico 9 del Anexo. Emisiones directas de SF<sub>6</sub> en sectores sin tendencia. Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente.**



Fuente: Elaboración propia.